00	08/07/2024	Prima emissione	G. Di Berardino G. Pomposo	A. Scognetti	C. Di Michele
N.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
CODIFICA ELABORATO			PROGER		

Firmato digitalmente da
Giancarlo Rocco Di Berardino
CN = Di Berardino Giancarlo Rocco
O = Ordine Geologi Abruzzo
T = Geologo
SerialNumber = TINIT-DBRGCR79D26F965J
C = IT

ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE ABRUZZO
Dott. Geol. Giancarlo Rocco DI BERARDINO
N. ISCRIZ. 399

Relazione Geologica Preliminare

Nuovo Elettrodotto aereo 132 kV CP Piadena-CP Cella Dati

REVISIONI					
	00	08/07/2024	Prima emissione	F. Felli (SVP-SA-SANO)	V. De Santis (SVP-SA-SANO)
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ESAMINATO	ACCETTATO

NUMERO E DATA ORDINE: n. 4000105132 del 30.01.2024

MOTIVO DELL'INVIO: ☑ PER ACCETTAZIONE ☐ PER INFORMAZIONE

CODIFICA ELABORATO

REBX18096B2778963

Terna Rete Italia
TERNA GROUP

Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna Rete Italia S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. È vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna Rete Italia S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna Rete Italia S.p.A. is prohibit.

INDICE

1 PREMESSA 4
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO 6
2.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE E MODALITÀ OPERATIVE DI REALIZZAZIONE 7
2.1.1 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto 8
2.1.2 Sostegni 8
2.1.3 Fondazioni 9
2.1.4 Caratteristiche delle fondazioni 10
2.2 ATTIVITA' DI CANTIERE 12
2.2.1 Demolizioni 12
2.2.2 Terre e rocce da scavo 15
2.2.3 Fase di cantiere 17
2.2.4 Ripristini ambientali 23
2.3 CRONOPROGRAMMA 23
3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 25
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 27
4.1 CONTESTO TETTONICO-STRUTTURALE 27
4.2 STRATIGRAFIA 30
5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 32
6 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO 35
7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 38
8 SISMICITÀ DELL'AREA 44
8.1 INQUADRAMENTO MACROSISMICO 44
8.2 MICROZONAZIONE SISMICA 45
8.3 FAGLIE E SISMICITA' 46
9 MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE 50
9.1 INDAGINI DISPONIBILI 50
9.2 MODELLO LITOLOGICO PRELIMINARE 62
10 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI DEI TERRENI 69
11 ANALISI DELLE CRITICITÀ GEOLOGICHE 70
11.1 RISCHIO GEOMORFOLOGICO 70
11.2 RISCHIO IDRAULICO 71
11.3 CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA 76
12 VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D.L. 30 DICEMBRE 1923 N. 3267) 84
13 CONCLUSIONI 85
14 APPENDICE 87

ELENCO ELABORATI CARTOGRAFICI	
CODICE ELABORATO	**TITOLO ELABORATO**
DEBX18096B3237123	Inquadramento IGM
DEBX18096B3237333	Inquadramento CTR
DEBX18096B3236126	Inquadramento Ortofoto
DEBX18096B3236790	PAI - Fasce Fluviali
DEBX18096B2780062	PGRA - Pericolosità alluvione
DEBX18096B2779172	Vincolo idrogeologico
DEBX18096B2780268	Carta geologica
DEBX18096B2779494	Carta pericolosità sismica locale
DEBX18096B2779835	Carta geolitologica

1 PREMESSA

La società Terna – Rete Elettrica Nazionale S.p.A. è la società concessionaria in Italia della trasmissione e del dispacciamento dell'energia elettrica sulla rete ad alta e altissima tensione ai sensi del Decreto del Ministero delle Attività Produttive del 20 aprile 2005 (Concessione).
La pianificazione dello sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è effettuata da Terna al fine di perseguire gli obiettivi indicati dal Disciplinare di Concessione come previsto dal D.lgs. 93/2011 e modificato dal decreto legislativo 76/2020 art.60 e ss.mm.ii.

L'art. 9 del Disciplinare di Concessione prevede la predisposizione del Piano di Sviluppo decennale contenente le linee di sviluppo della RTN definite sulla base delle richieste di connessione alla RTN formulate dagli aventi diritto.
Terna, nell'espletamento del servizio dato in Concessione, persegue i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, secondo le condizioni previste nella suddetta concessione e nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e dalle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (oggi ARERA);
- deliberare gli interventi volti ad assicurare l'efficienza e lo sviluppo del sistema di trasmissione di energia elettrica nel territorio nazionale e realizzare gli stessi;
- garantire l'imparzialità e neutralità del servizio di trasmissione e dispacciamento al fine di assicurare l'accesso paritario a tutti gli utilizzatori;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

Terna, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, predispone annualmente il Piano di Sviluppo della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).
Il Piano di Sviluppo della Rete, edizione 2010 approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico il 20 novembre 2017, prevede la realizzazione di un nuovo elettrodotto aereo a 132 kV per collegare le CP di e-distribuzione di Piadena e di Cella Dati; tali interventi sono stati confermati nei piani successivi.

Ai sensi della Legge 23 agosto 2004 n. 239, al fine di garantire la sicurezza del sistema energetico e di promuovere la concorrenza nei mercati dell'energia elettrica, la costruzione e l'esercizio degli elettrodotti facenti parte della rete nazionale di trasporto dell'energia elettrica sono attività di preminente interesse statale e sono soggetti a un'autorizzazione unica, rilasciata dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, previa intesa con la Regione o le Regioni interessate, la quale sostituisce autorizzazioni, concessioni, nulla osta e atti di assenso comunque denominati previsti dalle norme vigenti, costituendo titolo a costruire e ad esercire tali infrastrutture in conformità al progetto approvato.

Il presente elaborato costituisce la relazione geologica preliminare, redatto sulla base delle informazioni su portali web, studi e pubblicazioni disponibili di cui i principali sono:

- https://www.geoportale.regione.lombardia.it/
- http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=Limiti_Amministativi_AdBD_2018
- https://www.adbpo.it/
- https://www.multiplan.servizirl.it/pgtwebn/#/public/ricerca
- Bassi G. (2009) – Relazione Geologica di Piano (Comune di Castelverde).
- Castaldini D. (2006) - Geomorphological aspects of the flood hazard in the area between the rivers Po, Secchia and Panaro (Po plain, northern Italy). Sul portale researchgate.net/publication/267237901.
- Costantini F. (2022) – "Confini fluviali, esondazioni, controllo istituzionale: Bergamo, Cremona e Pavia in età moderna" in Il fuoco e l'acqua. Prevenzione e gestione dei disastri ambientali fra Medioevo e Età Moderna. Dipartimento di Studi Storici dell'Università degli Studi di Milano - Pearson Education Resources Italia Quaderni degli Studi di Storia Medioevale e di Diplomatica, VII.
- Doglioni C. (1993) - Some remarks on the origin of foredeeps. Tectonophysics, 288, 1–20, 1993.
- Ghielmi M., Minervini M., Nini C., Rogledi S., Rossi M. & Vignolo A. (2009) - Sedimentary and Tectonic Evolution in the Eastern Po Plain and Northern Adriatic Sea Area from Messinian to Middle Pleistocene (Italy). Convegno Natura e geodinamica della litosfera nell'alto Adriatico, Venezia 5-6 novembre 2009.
- Livani M., Petracchini L., Benetatos C., Marzano F., Billi A., Carminati E., Doglioni C., Petricca P., Maffucci R., Codegone G., Rocca V., Verga F.& Antoncecchi I. (2023) - Subsurface geological and geophysical data from the Po Plain and the northern Adriatic Sea (north Italy). Earth Syst. Sci. Data, 15, 4261–4293, 2023.
- Manfredini G. F. (1996) – Contributo allo studio delle acque della provincia di Cremona. Principali corsi d'acqua del territorio del Comune di Cremona. Edizione a cura della Provincia di Cremona.
- Ori G. G. (1993) - Continental depositional systems of the Quaternary of the Po Plain (northern Italy). Sedimentary Geology Volume 83, Issues 1–2, February 1993, Pages 1-14.
- Provincia di Cremona, Piano d'Ambito, CAPITOLO 1: Inquadramento territoriale.
- Regione Lombardia (2017) – PTUA 2016. Relazione Generale.
- Regione Lombardia (2017) – PTUA 2019. Bilancio idrico e usi delle acque.
- Vezzoli G. & Garzanti E. (2009) – Quantitative palaeodrainage analysis in the Pleistocene of the Po Plain. Sul portale researchgate.net/publication/234339760.
- Viti M., Mantovani E., Babbucci D., Tamburelli C. (2006) - Quaternary geodynamics and deformation pattern in the Southern Apennines: implications for seismic activity. Boll. Soc. Geol. It., 125, 273-291.
- Zanchi A., Ravazzi C., Cavallina A., Deaddis M., De Amicis M., Arosio T., Marchetti M. & Vezzoli G. (2021) - Interplay of Holocene surface faulting and climate in the Central Po Plain, Italy. Quaternary Research (2021), 1–16.

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'elettrodotto si svilupperà interamente nei comuni di Piadena-Drizzona, Voltido, Torre de' Picenardi, San Martino del Lago, Cingia de' Botti, Derovere e Cella Dati, nella provincia di Cremona, Regione Lombardia, ed avrà una lunghezza complessiva di circa 15 km.

Il progetto prevede:

- la realizzazione di un nuovo elettrodotto aereo 132 kV in semplice terna "CP Piadena – CP Cella Dati" della lunghezza di circa 15,0 km tra le due sottostazioni esistenti;
- L'adeguamento dell'elettrodotto esistente, 132 kV in semplice terna "CP Cella Dati – CP Martignana" (linea 23594C1) (inserimento di un nuovo sostegno (P029), spostamento del sostegno P030 e conseguente ricollocazione delle campate P000-P029 – P029-P030 e P030-P031 – sostituzione del sostegno P031) in corrispondenza dell'ingresso alla CP di Cella Dati per evitare l'incrocio con il nuovo elettrodotto;
- La demolizione del tratto della linea esistente 23594C1 "CP Cella Dati – CP Martignana", 132 kV semplice terna tra la C.P Cella Dati ed il sostegno P031: demolizione di 2 (due) sostegni (n. P030 e P031) e circa 800 m di linea, ubicato nel comune di Cella Dati.

L'elettrodotto partirà dalla CP Piadena dirigendosi poi in direzione circa sud-sud-ovest sui territori comunali di Piadena-Drizzona, Voltido, Torre de Picenardi, San Martino del Lago. In prossimità del limite tra i comuni di San Martino del Lago e Cingia de' Botti l'andamento dell'opera vira bruscamente e assume direzione circa est-sud-est – ovest-nord-ovest, parallelamente all'elettrodotto esistente 380 kV S.T. Carpi Fossoli - Caorso n. 21395B1, attraversando quindi i territori di San Martino del Lago, Torre de' Picenardi, Cingia de' Botti e Derovere. L'elettrodotto terminerà il proprio tragitto nella CP Cella Dati dopo aver passato i territori comunali di Derovere e Cella Dati con andamento verso sud-ovest circa. Durante il proprio percorso, l'elettrodotto incontra numerose opere antropiche: strade, canali, linee elettriche, gasdotti, oleodotti e acquedotti; per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato EEBX18096B2778962 - Elenco opere attraversate.

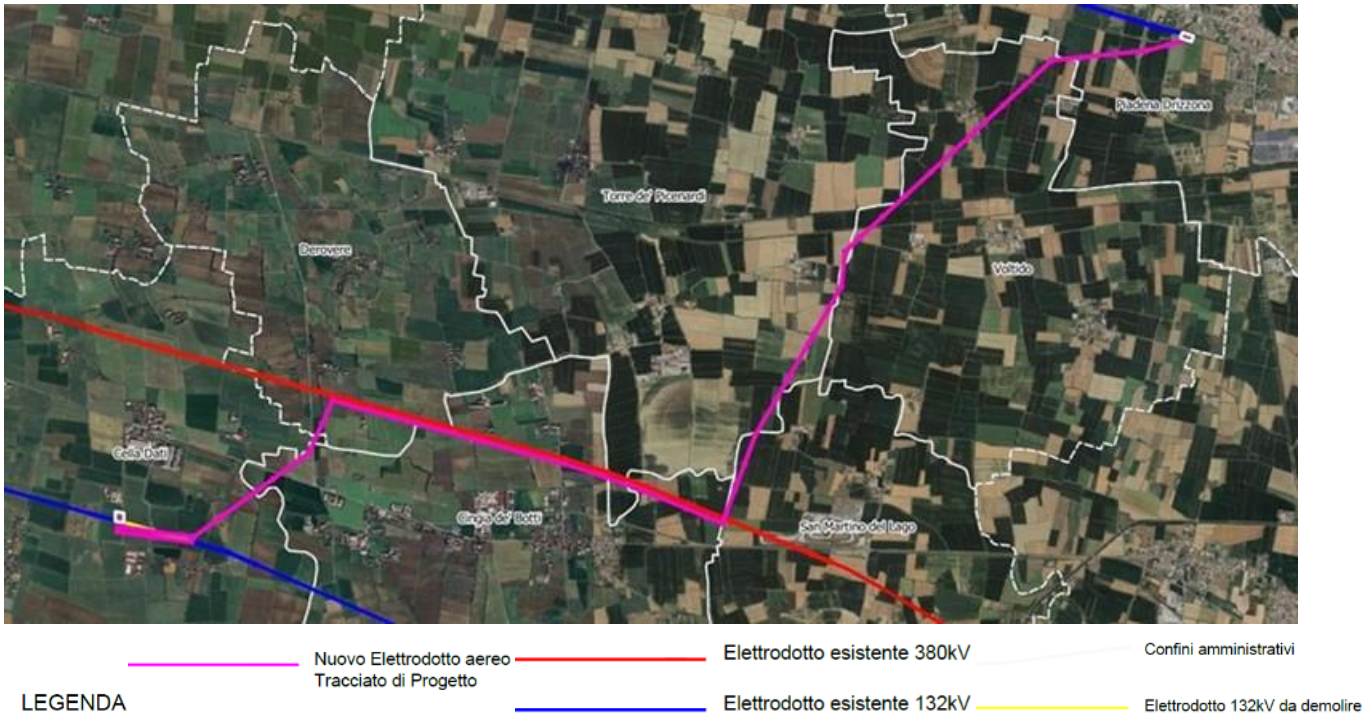


Figura 2-1: Inquadramento del tracciato su ortofoto (fuori scala da elaborato DEBX18096B2779602_0C_Trac_Prog-Ort_Tot).

2.1 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE E MODALITÀ OPERATIVE DI REALIZZAZIONE

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a semplice terna armata con tre fasi e una fune di guardia. La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali, si ritiene possa essere pari a circa 350 m. Ciascuna fase elettrica sarà costituita da un conduttore. Ciascun conduttore di energia sarà costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mm2 composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,5 mm. Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16852 daN. I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 10 nel rispetto della distanza minima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991. L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. La corda di guardia sarà una fune con 48-fibre ottiche con diametro di 11,5 mm.

Per i dettagli progettuali si rimanda al Piano Tecnico delle Opere (PTO) (elaborato n. REBX18096B2779945_Rel- Tec-Illustrativa).

2.1.1 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	132 kV
Portata di corrente di progetto	1000 A (*)

(*) valore riferito alla portata di corrente "in servizio normale" per i conduttori alluminio/acciaio con diametro 31,5 mm ed alle condizioni di progetto della linea (parametro di tesatura, franchi maggiorati, ecc.) per il periodo freddo riferito alla zona climatica B di interesse, come previsto dalla norma CEI 11-60, 3.3.

2.1.2 Sostegni

I sostegni che tipicamente saranno utilizzati sono del tipo troncopiramidale a semplice terna, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati, raggruppati in elementi strutturali. Ogni sostegno è costituito da un numero diverso di elementi strutturali in funzione della sua altezza. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature è stato eseguito conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B". Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 61m. Nei casi in cui ci sia l'esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia, limitatamente alle campate in cui la fune di guardia eguaglia o supera i 61 m dal suolo o i 45 m dall'acqua. I sostegni saranno provvisti di difese parasalita. Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, Terna si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione. Ciascun sostegno si può considerare composto dagli elementi strutturali: mensole, parte comune, tronchi, base e piedi. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia. I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi. L'elettrodotto a 132 kV semplice terna sarà quindi realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno, tutti diversi tra loro (a seconda delle sollecitazioni meccaniche per le quali sono progettati) e tutti disponibili in varie altezze (H). I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali (riferiti alla zona B), con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio Φ 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti:

ZONA B - EDS 18 %

TIPO	ALTEZZA TOTALE	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"M" Sospensione	16,60÷ 45,6 m	350 m	9°14'	0,2077
"C" Angolo	16,40 ÷ 45,4 m	350 m	60°	0,2768
"E" Angolo	16,40÷ 45,4 m	350 m	90°	0,4155
"E" Capolinea	16,40÷ 45,4 m	350 m	25°35'	0,4155
"E*" sottopasso	10,20÷ 37,2 m	350 m	90°	0,4155

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di deviazione) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio. Partendo dai valori di Cm, δ e K relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento. Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di δ e K che determinano azioni di pari intensità. In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

La disponibilità dei diagrammi di utilizzazione agevola la progettazione, in quanto consente di individuare rapidamente se il punto di lavoro di un sostegno, di cui si siano determinate la posizione lungo il profilo della linea e l'altezza utile, e quindi i valori a picchetto di Cm, δ e K , ricade o meno all'interno dell'area delimitata dal diagramma di utilizzazione stesso.

Terna si riserva la possibilità di impiegare in fase realizzativa sostegni tubolari monostelo; le caratteristiche di tali sostegni saranno, in tal caso, dettagliate nel progetto esecutivo.

2.1.3 Fondazioni

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni. La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo. Le fondazioni unificate per i sostegni della serie 132/150 kV semplice terna sono di diverso tipo, a seconda del tipo di sostegno e del tipo di terreno, di buona o media consistenza. Ciascun piedino di fondazione è composto da:

a) un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
b) un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
c) un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del

piede del sostegno mediante un giunto. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Per il calcolo di dimensionamento sono state osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall'articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988. L'articolo 2.5.08 dello stesso D.M. prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità. L'abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante la "Tabelle delle corrispondenze" tra sostegni, monconi e fondazioni, che definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato.
Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc. Concorrono alla scelta della tipologia di fondazione da realizzare anche valutazioni inerenti le aree e suoli interessati dai lavori, l'accessibilità al cantiere da parte delle macchine operatrici, la morfologia del terreno, la litologia del terreno, la presenza della falda acquifera, l'opportunità di ridurre i movimenti terra.

2.1.4 Caratteristiche delle fondazioni

La scelta della tipologia fondazionale viene condotta in funzione dei seguenti parametri, secondo i dettami del D.M. 21 marzo 1988:

- carichi trasmessi alla struttura di fondazione;
- modello geotecnico caratteristico dell'area sulla quale è prevista la messa in opera dei sostegni;
- dinamica geomorfologica al contorno.

Il progetto di variante di nuova realizzazione adotta una tipologia di sostegno tipo traliccio in fondazione superficiale – Tipo CR.

<u>Fondazioni superficiali sostegni a traliccio - tipo CR</u>

Predisposti gli accessi alle piazzole per la realizzazione dei sostegni, si procede alla pulizia del terreno e allo scavo delle fondazioni.
Ciascun sostegno a traliccio è dotato di quattro piedini separati e delle relative fondazioni, strutture interrate atte a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.
Ciascun piedino di fondazione è composto di tre parti:
- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un "moncone" annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del "piede" del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione

dell'angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Vengono inoltre realizzati dei piccoli scavi in prossimità di ciascun sostegno per la posa dei dispersori di terra, con successivo reinterro e costipamento.

Ognuna delle quattro buche di alloggiamento della fondazione è realizzata utilizzando un escavatore ed è posata ad una profondità non superiore a 4 m (le dimensioni effettive delle varie fondazioni saranno definite in sede di progettazione esecutiva, per una indicazione dei volumi medi di scavo, si faccia riferimento a quanto riportato in *Tabella 2.1* "TABELLA VOLUMI DI SCAVO"); una volta realizzata l'opera, la parte che resterà in vista sarà costituita dalla parte fuori terra dei colonnini da diametro circa 0,5 m.

Pulita la superficie di fondo scavo si getta, se ritenuto necessario per un migliore livellamento, un sottile strato di "magrone".

Nel caso di terreni con falda superficiale, si procede all'aggottamento della fossa con una pompa di esaurimento. In seguito, si procede con il montaggio dei raccordi di fondazione e dei piedi, il loro accurato livellamento, la posa dell'armatura di ferro e delle casserature, il getto del calcestruzzo.

Trascorso il periodo di stagionatura dei getti, si procede al disarmo delle casserature. Si esegue quindi il reinterro con il materiale proveniente dagli scavi, se ritenuto idoneo, ripristinando il preesistente andamento naturale del terreno. Di seguito il tipologico della fondazione.

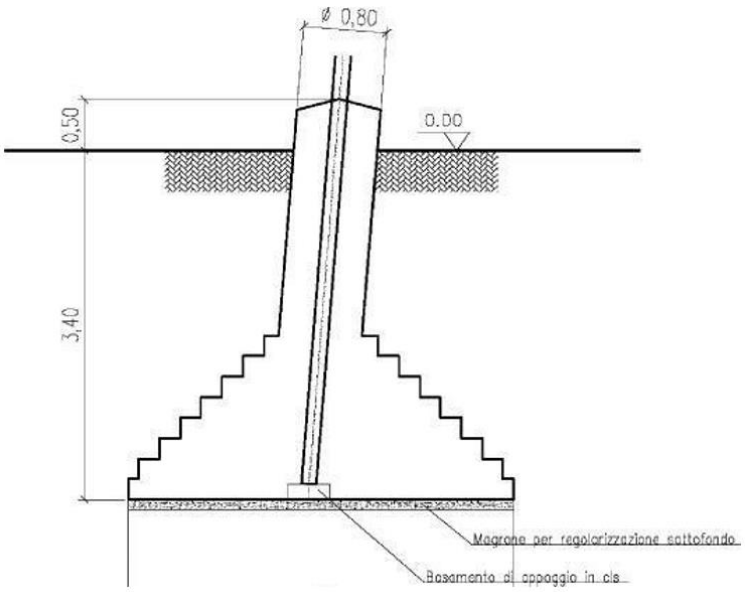


Figura 2-2: disegno di progetto per la realizzazione di una fondazione a plinto con riseghe.

Nelle immagini che seguono è possibile osservare la realizzazione degli scavi e la posa dei piedini.

Figura 2-3: realizzazione di fondazioni superficiali tipo CR per un sostegno a traliccio. Particolare di una fondazione durante la fase di casseratura (a sinistra) e al termine della stessa (a destra), dove si possono distinguere facilmente la parte inferiore a parallelepipedi tronco piramidali ed il colonnino di raccordo con la "base" del sostegno.

Figura 2-4: realizzazione di fondazioni superficiali tipo CR per un sostegno a traliccio. Nell'immagine si possono osservare le quattro buche, la base del sostegno collegata alla fondazione tramite i "monconi" ed i casseri utilizzati per i quattro "colonnini".

Nella *Tabella 2.1* si riportano le tipologie fondazionali previste in questa fase di progettazione, da confermare in fase di progettazione esecutiva a seguito della caratterizzazione geologica e geotecnica di norma.

2.2 ATTIVITA' DI CANTIERE

2.2.1 Demolizioni

Demolizioni elettrodotti aerei

Per le attività di smantellamento di elettrodotti aerei si possono individuare le seguenti fasi meglio descritte nel seguito:

- recupero dei conduttori, delle funi di guardia e degli armamenti;
- smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni;

- demolizione delle fondazioni dei sostegni;
- risarcimento dei danni procurati sia ai fondi interessati dai lavori che ai fondi utilizzati per l'accesso ai sostegni per lo svolgimento dell'attività di smontaggio.

Si specifica che nelle varie fasi si provvede sempre al trasporto a rifiuto dei materiali di risulta, lasciando le aree utilizzate sgombre e ben sistemate in modo da evitare danni alle cose ed alle persone.

Le attività preliminari possono essere considerate analoghe a quelle della fase realizzativa e consistono nella predisposizione e delimitazione dell'area di micro-cantiere, facilitata dalla presenza del sostegno e, solitamente, dalla presenza della viabilità esistente ed utilizzata per le ispezioni.

Recupero conduttori, funi di guardia ed armamenti

Le attività prevedono:

- preparazione e montaggio opere provvisionali sulle opere attraversate (impalcature, piantane, ecc,);
- taglio e recupero dei conduttori per singole tratte;
- separazione dei materiali (conduttori, funi di guardia, isolatori, morsetteria) per il carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e, ove possibile, a successivo ciclo produttivo;
- pesatura dei materiali recuperati;
- adempimenti previsti dalla normativa vigente in materia di smaltimento dei materiali (anche speciali) provenienti dalle attività di smantellamento.

Smontaggio della carpenteria metallica dei sostegni

La carpenteria metallica proveniente dallo smontaggio dei sostegni dovrà essere destinata a rottame. Il lavoro di smontaggio sarà eseguito come di seguito descritto:

- taglio delle strutture metalliche smontate in pezzi idonei al trasporto a discarica o centro di recupero;
- carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e ove possibile a successivo ciclo produttivo di tutti i materiali provenienti dallo smontaggio;
- pesatura dei materiali recuperati;
- adempimenti previsti dalla legislazione vigente in materia di smaltimento dei materiali (anche speciali) provenienti dalle attività di smantellamento.

Demolizione delle fondazioni dei sostegni

La demolizione delle fondazioni dei sostegni comporta l'asportazione dal sito del calcestruzzo e del ferro di armatura mediamente fino ad una profondità di 1,0 m circa dal piano di campagna in terreni agricoli a conduzione meccanizzata e in contesti urbanizzati. Si specifica che le modalità di rimozione delle fondazioni sono strettamente legate al contesto territoriale e comunque interessano sempre le aree già interessate per la realizzazione delle fondazioni durante la realizzazione delle fondazioni. Le dimensioni dello scavo saranno limitate ad un metro di profondità da p.c. entro materiale di riporto impiegato per riempire il fronte di scavo necessario alla realizzazione delle fondazioni dei sostegni. **In tal senso gli scavi per rimuovere la fondazione avvengono sempre su terreno già rimaneggiato nella fase realizzativa**.

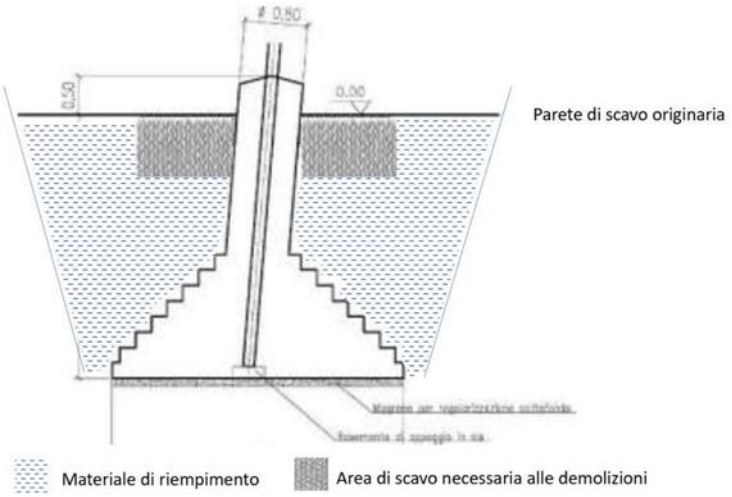


Figura 2-5: schematizzazione scavo di fondazione.

Le attività prevedono:

- scavo della fondazione fino alla profondità necessaria nel terreno già rimaneggiato per la realizzazione della fondazione al momento della costruzione dell'elettrodotto;
- asporto, carico e trasporto a idoneo impianto di recupero o a smaltimento finale e ove possibile a successivo ciclo produttivo di tutti i materiali provenienti dalla demolizione (cls, ferro d'armatura e monconi);
- rinterro e gli interventi di ripristino dello stato dei luoghi.

Figura 2-6: fasi demolizione di un sostegno a traliccio.

Figura 2-7: fasi demolizione di un sostegno a traliccio, particolare di materiale raccolto.

2.2.2 Terre e rocce da scavo

I materiali provenienti dagli scavi, sia per la realizzazione delle nuove linee, sia per gli smantellamenti e gli interramenti, verranno generalmente riutilizzati per i riempimenti e le sistemazioni in sito coerentemente con quanto indicato nel Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce escluse dalla disciplina dei rifiuti.

Durante la fase di costruzione del nuovo elettrodotto aereo saranno prodotti essenzialmente rifiuti derivanti dalle attività di scavo. Qualora non fosse possibile il completo riutilizzo delle terre e rocce da scavo, anche come sottoprodotto, la quota parte in esubero sarà adeguatamente caratterizzata e gestita come rifiuto.

Si specifica infine che Terna valuterà, nelle successive fasi progettuali, soluzioni che possano migliorare e/o massimizzare il riutilizzo delle terre e rocce da scavo, incluso il possibile riutilizzo in regime di sottoprodotto ai sensi dell'art. 184-bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e con le modalità regolamentate dagli artt. 21 e 22 del DPR 120/2017.

I quantitativi di TRS destinati alla gestione come rifiuto dipenderanno infatti dalla conformità ambientale dei suoli stessi accertata a seguito della caratterizzazione.

La tabella seguente mostra i volumi stimati (in m^3) totali di terra mobilitati durante le attività di scavo per la realizzazione delle fondazioni dei <u>sostegni del nuovo elettrodotto; relativamente all'adeguamento dell'elettrodotto esistente con inserimento di un nuovo sostegno P029 e sostituzione dei sostegni P030 e P031, i volumi di scavo per i relativi sostegni sono assimilabili a quelli dell'opera principale.</u>

n.	Tipo palo	Tipo fondazione	TERRENO A			TERRENO B		
			Code	scavo per piede [m^3]	scavo per palo [m^3]	Code	scavo per piede [m^3]	scavo per palo [m^3]
1	E15	Fondazioni superficiali CR	LF105/345	29,9	119,6	LF106/365	40,8	163,2
2	M18	Fondazioni superficiali CR	LF103/285	13	52	LF104/315	20,3	81,2

n.	Tipo palo	Tipo fondazione	TERRENO A			TERRENO B		
			Code	scavo per piede [m³]	scavo per palo [m³]	Code	scavo per piede [m³]	scavo per palo [m³]
3	C24	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
4	M24	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
5	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
6	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
7	M24	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
8	M24	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
9	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
10	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
11	M24	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
12	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
13	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
14	M21	Fondazioni superficiali CR	LF103/285	13	52	LF104/315	20,3	81,2
15	C24	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
16	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
17	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
18	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
19	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
20	M24	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
21	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
22	P33	Fondazioni superficiali CR	LF103/305	13,9	55,6	LF104/355	22,8	91,2
23	M21	Fondazioni superficiali CR	LF103/285	13	52	LF104/315	20,3	81,2
24	M27	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
25	E18*	Fondazioni superficiali CR	LF107/305	43,1	172,4	LF111/345	48,6	194,4
26	E18*	Fondazioni superficiali CR	LF107/305	43,1	172,4	LF111/345	48,6	194,4
27	M18	Fondazioni superficiali CR	LF103/285	13	52	LF104/315	20,3	81,2
28	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
29	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
30	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
31	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
32	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
33	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
34	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
35	M33	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
36	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
37	E30	Fondazioni superficiali CR	LF107/305	43,1	172,4	LF111/345	48,6	194,4
38	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
39	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2

n.	Tipo palo	Tipo fondazione	TERRENO A			TERRENO B		
			Code	scavo per piede [m³]	scavo per palo [m³]	Code	scavo per piede [m³]	scavo per palo [m³]
40	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
41	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
42	M30	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
43	C33	Fondazioni superficiali CR	LF105/335	29	116	LF106/365	40,8	163,2
44	M27	Fondazioni superficiali CR	LF103/295	13,5	54	LF104/315	20,3	81,2
45	E24	Fondazioni superficiali CR	LF105/345	29,9	119,6	LF106/365	40,8	163,2
			TOTALE		**3406**			**4824**

Tabella 2.1: tabella volumi di scavo e tipologie fondazionali.

Per quanto riguarda le linee elettriche da demolireil materiale scavato per l'asportazione della fondazione verrà **riutilizzato totalmente in sito** per il rinterro dello scavo; per questa fase non si prevedono pertanto volumi di materiale in esubero.

Nel caso in cui le analisi chimiche dovessero rilevare dei superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla tab. 1 colonna A dell'allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D. Lgs. 152/2006, la quota parte di TRS contaminate sarà gestita come rifiuto e conferita ad idoneo impianto di recupero o trattamento/smaltimento con le modalità previste dalla normativa vigente (Parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

2.2.3 Fase di cantiere

La realizzazione dell'elettrodotto aereo è suddivisibile nelle seguenti fasi operative principali:

- esecuzione delle fondazioni dei sostegni;
- montaggio dei sostegni;
- messa in opera dei conduttori e delle corde di guardia.

Solo la prima fase comporta movimenti di terra, come descritto nel seguito.

Oltre agli scavi di fondazione, discussi precedentemente, saranno realizzati dei piccoli scavi in prossimità del sostegno per la posa dei dispersori di terra con successivo rinterro e costipamento. La realizzazione delle fondazioni di un sostegno prende avvio con l'allestimento dei cosiddetti "microcantieri" relativi alle zone localizzate da ciascun sostegno. Essi sono destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, rinterro ed infine all'assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno.

<u>Abbattimento della falda</u>

Nell'ambito delle attività propedeutiche al cantiere e in parallelo alle attività di scavo a seguito dell'intercettazione della falda durante le attività di scavo o in caso di eventi meteorici particolarmente intensi che provochino l'allagamento

dell'area di scavo, si procederà con l'adozione di diverse tecniche di aggottamento delle acque al fine di ottenere l'abbattimento ed il controllo temporaneo del livello della falda durante l'esecuzione di scavi. La scelta e il dimensionamento di tali tecniche dipendono dalle caratteristiche litologiche e dalla permeabilità dell'area e consentono uno "scavo in asciutto", impedendo il franamento delle pareti dello scavo e tutelando inoltre la qualità delle acque.

In generale le soluzioni più comuni vedono l'impiego di pompe di aggottamento o di un sistema wellpoint.

Dal punto di vista tecnologico si utilizzano punte perforante e filtranti (well point) con una o più pompe corredate di depressore.

I pozzi di un impianto di wellpoint sono connessi da una rete di collettori di aspirazione orizzontali a cui sono collegati, per mezzo di raccordi flessibili, dei tubi di sollevamento verticali che, all'estremità, hanno un filtro (il wellpoint).

I collettori sono posti in depressione con una o più pompe che assicurano, per mezzo di un funzionamento continuo e ininterrotto, l'emungimento dell'acqua di falda.

Il principio di funzionamento si fonda sulla deviazione del flusso di falda in direzione di elementi filtranti messi in depressione dalla pompa. L'impianto wellpoint, quando in funzione, provoca un abbassamento della falda freatica creando un cono di influenza raffigurato in una porzione di terreno drenato a forma di cono rovesciato.

La scelta delle modalità di realizzazione del wellpoint avviene in funzione della stratigrafia dedotta da idonee indagini geognostiche e il livello di falda rilevato direttamente in campo.

Per quanto riguarda il recapito finale delle acque di falda, previa autorizzazione allo scarico, rilasciato dall'ente preposto alla gestione del recapito individuale avverrà secondo le norme definite dalla normativa nazionale e regionale in particolare il D. Lgs 152/06.

Nel caso di scavi la cui profondità va ad intercettare le falde acquifere superficiali, in accordo alla documentazione autorizzativa prodotta, o nel caso generico di presenza di acque meteoriche all'interno degli stessi, si dovrà procedere con l'aggottamento delle acque affioranti mediate autospurgo o prevedendone il pompaggio e la raccolta in idonee cisterne a perfetta tenuta, identificate da opportuna cartellonistica riportante il relativo codice CER, derivante dalle analisi chimiche, nome del produttore e data di prima produzione da gestire nel rispetto della normativa vigente. Nel caso si decida di effettuare l'**aggottamento** delle acque mediante pompaggio, dovranno essere utilizzate pompe con prevalenza adeguata ed in grado di pompare acqua contenente materiali abrasivi come particelle di sabbia ed argilla, trucioli ed altri oggetti potenzialmente dannosi, tipicamente presenti nei cantieri edili.

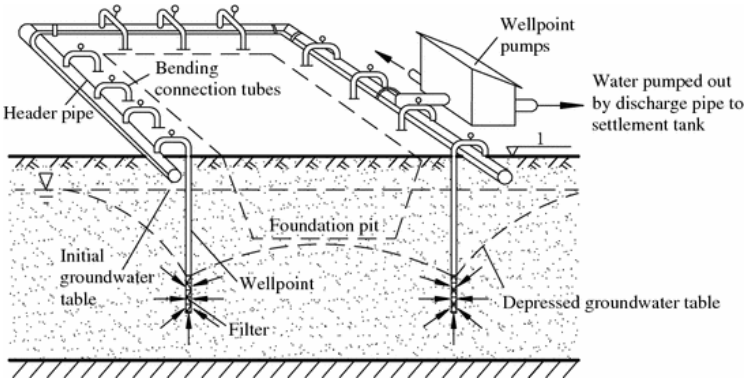


Figura 2-8: esempio di impianto wellpoint.

Accesso ai microcantieri per la realizzazione dei sostegni

Per quanto riguarda l'accesso ai cantieri, si potrà provvedere nelle seguenti modalità:

- utilizzando la viabilità esistente: in questo caso si prevede l'accesso alle aree di lavorazione mediante l'utilizzo della viabilità esistente (principale o secondaria). Si potrà presentare la necessità, da verificarsi in fase di progettazione esecutiva, di ripristinare localizzati tratti della viabilità esistente mediante circoscritte sistemazione del fondo stradale o ripristino della massicciata al fine di consentire il transito dei mezzi di cantiere. Tale situazione si verifica in prossimità del centro abitato e in prossimità della viabilità di Via Don Pollo in cui i sostegni, di nuova realizzazione e da demolire, sorgono in prossimità della viabilità esistente.
- attraverso aree/campi coltivati/aree a prato: in corrispondenza di tali aree, generalmente piane o poco acclivi, prive di ostacoli morfologici o naturali e di vegetazione naturale, non si prevede la realizzazione di piste di cantiere propriamente dette ma semplicemente il costipamento del fondo attraverso il passaggio dei mezzi di cantiere ed il successivo ripristino, a chiusura del cantiere, dello stato originario dei luoghi. Tale situazione ricade nella maggior parte dei casi in progetto. L'attraversamento dei fondi avverrà nel rispetto delle attività agricole cercando di recare il minor disturbo possibile.

Si sottolinea che nell'area sono diffusamente presenti strade campestri e/o accessi naturali dei fondi stessi già utilizzati dai mezzi agricoli. Pertanto tali accessi, con eventuale realizzazione di brevi raccordi tra strade esistenti e siti dei sostegni, saranno utilizzati come opzione preferenziale per raggiungere il luogo di cantiere senza ricorrere all'apertura di piste di cantiere propriamente dette.

L'insieme del "cantiere di lavoro" per la realizzazione dell'elettrodotto sarà composto da un campo base o area di cantiere base e da più aree di intervento (aree di micro-cantiere) ubicate in corrispondenza dei singoli sostegni.

L'Area centrale o Campo base è l'area principale del cantiere a cui si riferisce l'indirizzo del cantiere e dove vengono gestite tutte le attività tecnico-amministrative, i servizi logistici del personale, i depositi per i materiali e le attrezzature, nonché il parcheggio dei veicoli e dei mezzi d'opera.

Le Aree di intervento sono i luoghi ove vengono realizzati i lavori veri e propri afferenti all'elettrodotto (opere di fondazione, montaggio, tesatura, smontaggi e demolizioni) nonché i lavori complementari; sono ubicati in corrispondenza del tracciato dell'elettrodotto stesso e si suddividono in:

- **Area sostegno o micro-cantiere**: è l'area di lavoro che interessa direttamente il sostegno (traliccio / palo dell'elettrodotto) o attività su di esso svolte; ne sarà realizzato uno in corrispondenza di ciascun sostegno. Si tratta di cantieri destinati alle operazioni di scavo, getto in cemento armato delle fondazioni, rinterro ed infine all'assemblaggio degli elementi costituenti la tralicciatura del sostegno. I microcantieri sono di dimensione media di circa 20x20 m per i sostegni 132 kV;
- **Area di linea**: è l'area interessata dalle attività di tesatura, di recupero dei conduttori esistenti, ed attività complementari quali, ad esempio: la realizzazione di opere temporanee a protezione delle interferenze, la realizzazione delle vie di accesso alle diverse aree di lavoro, il taglio delle piante, ecc.

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea di progetto, avanzando progressivamente nel territorio.

Il cantiere viene organizzato per squadre specializzate nelle varie fasi di attività (scavo delle fondazioni, getto dei blocchi di fondazione, montaggio dei tralicci, posa e tesatura dei conduttori), che svolgeranno il loro lavoro in successione sulle piazzole di realizzazione dei sostegni.

Di seguito le tabelle che riepilogano per ogni struttura del cantiere le attività svolte presso ogni area e i rispettivi macchinari utilizzati:

Aree Centrale o Campo Base		
Area di cantiere	**Attività svolta**	**Macchinari / Automezzi**
Area Centrale o Campo base	Carico / scarico materiali e attrezzature; Movimentazione materiali e attrezzature; Formazione colli ed eventuale premontaggio di parti strutturali	Autocarro con gru; Autogru; Muletto; Carrello elevatore; Compressore/generatore

Tabella 2.2: elenco attività e mezzi per il campo base.

Aree di intervento		
Area di cantiere	**Attività svolta**	**Macchinari e mezzi**
Aree Sostegno	Attività preliminari: tracciamenti, recinzioni, spianamento, pulizia	
	Movimento terra, scavo di fondazione	Escavatore; Generatore per pompe acqua (eventuale)
	Montaggio tronco base del sostegno	Autocarro con gru (oppure autogru o similare) Autobetoniera Generatore
	Casseratura e armatura fondazione	
	Getto calcestruzzo di fondazione	
	Disarmo	
	Rinterro scavi, posa impianto di messa a terra	Escavatore
	Montaggio a piè d'opera del sostegno	Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
	Montaggio in opera sostegno	Autocarro con gru
		Autogru; Argano di sollevamento (in alternativa all'autogru/gru) o in casi particolari elicottero tipo Erickson
	Movimentazione conduttori	Autocarro con gru (oppure autogru o similare); Argano di manovra

Tabella 2.3: elenco attività e mezzi per l'area sostegno.

Aree di linea		
Area di cantiere	**Attività svolta**	**Macchinari e mezzi**
Aree di linea	Stendimento conduttori / Recupero conduttori esistenti	Elicottero Argano / freno
		Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
		Argano di manovra
	Lavori in genere afferenti la tesatura: ormeggi, giunzioni, movimentazione conduttori varie	Autocarro con gru (oppure autogru o similari)
		Argano di manovra
	Realizzazione opere provvisionali di protezione e loro ripiegamento	Autocarro con gru (oppure autogru o similare)
	Sistemazione/spianamento aree di lavoro/realizzazione vie di accesso	Escavatore
		Autocarro

Tabella 2.4: elenco attività e mezzi per l'area di linea.

Di seguito un tipologico di una planimetria che inquadra l'Area di Sostegno con scavo di fondazione – getto e basi.

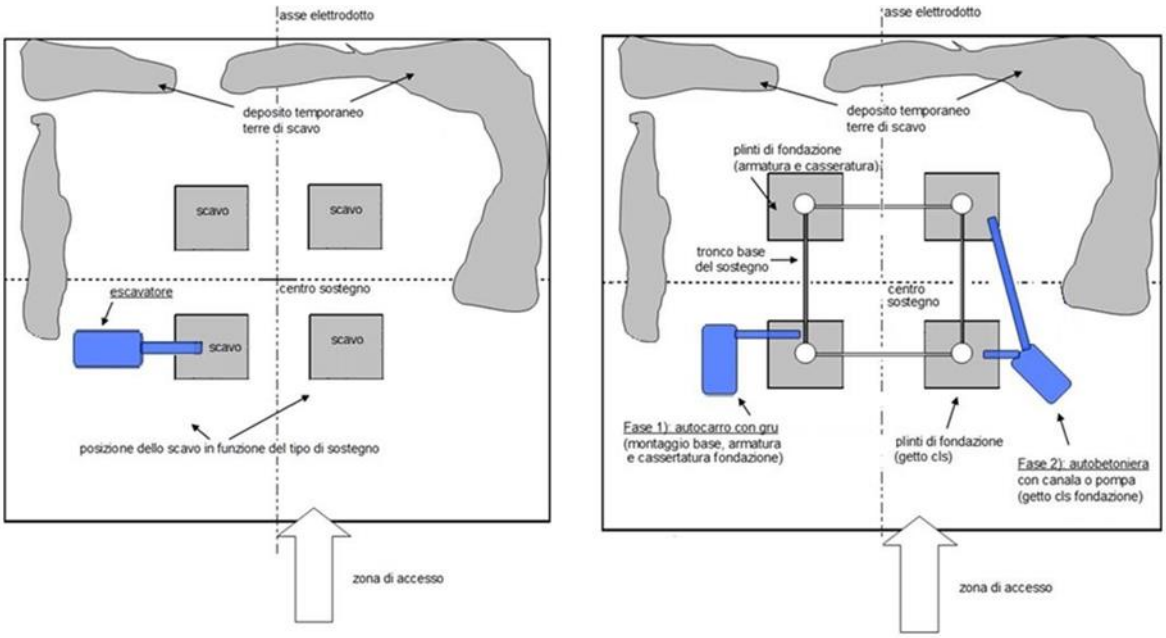


Figura 2-9: planimetria dell'Area Sostengo (Scavo di fondazione – getto base).

Di seguito una planimetria esplicativa dell'area Sostegno in cui è previsto il montaggio del sostegno stesso.

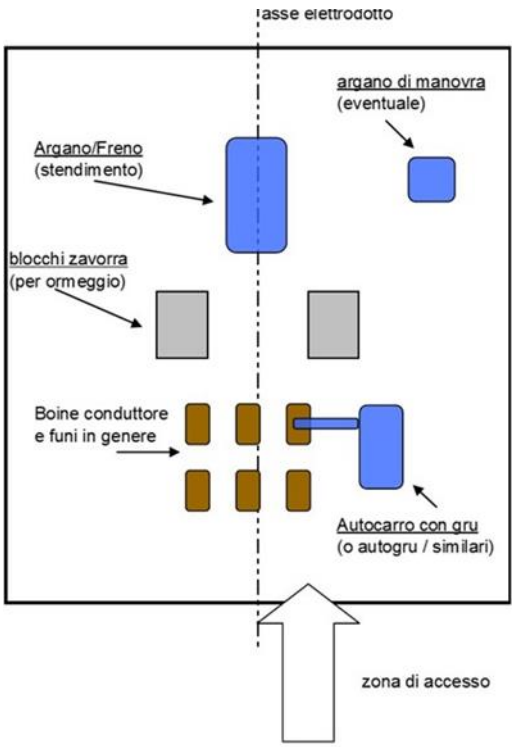


Figura 2-10: planimetria dell'Area Sostegno (montaggio sostegno) – Planimetria dell'Area di linea – Tipologico.

In ogni caso, a lavori ultimati (durata circa 4-5 settimane per ciascuna piazzola) le aree interferite verranno tempestivamente ripristinate e restituite agli usi originari.

Durata media del Micro-cantiere per linee aeree

Da quanto descritto nei paragrafi precedenti, si evince come la costruzione degli elettrodotti aerei è un'attività che riveste aspetti particolari legati alla morfologia delle linee elettriche, il cui sviluppo in lunghezza impone continui spostamenti sia delle risorse che dei mezzi meccanici utilizzati.

Per questi motivi la costruzione di ogni singolo sostegno è paragonabile ad un "microcantiere", le cui attività si svolgono in due fasi distinte:

- **la prima fase** ha una durata media di circa 1 mese e mezzo, tenuto conto anche della sosta necessaria per la stagionatura dei getti, e comprende le operazioni riassunte nella tabella che segue.

Attività	Durata
Predisposizione area (taglio piante)	1 g
Scavi	2-3 gg
Montaggio base sostegno	1 g
Getto fondazione	1 g
Maturazione calcestruzzo	7-15 gg
Montaggio sostegno	5-7 gg

Tabella 2.5: durata attività della fase realizzativa.

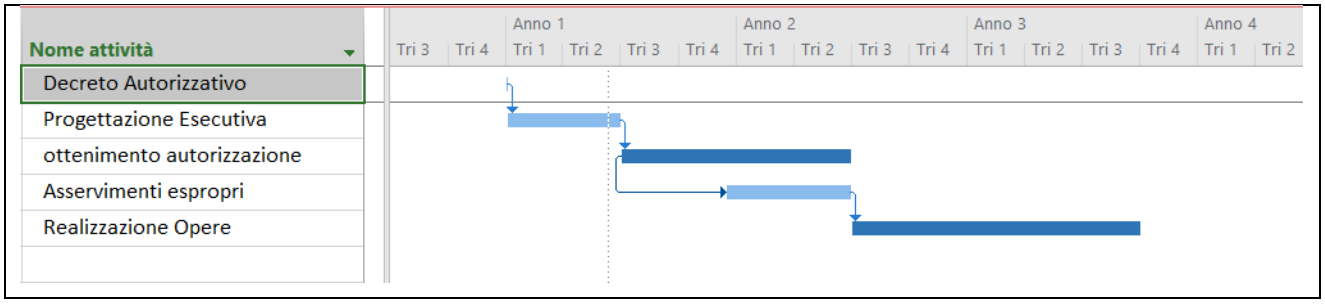
- **la seconda fase** è invece rappresentata dallo stendimento e tesatura dei conduttori di energia e delle funi di guardia, la cui durata dipende dal numero di sostegni e dall'orografia del territorio interessato (c.a. 10 gg. per tratte di 10÷12 sostegni).

2.2.4 Ripristini ambientali

Al termine dei lavori, sia di dismissione che di nuova realizzazione, si procederà alla rimozione delle aree di cantiere, alla finitura del piano campagna con il terreno vegetale asportato e accantonato e agli interventi di inerbimento per il recupero finale, fatte salve esigenze diverse indicate dal proprietario del fondo.

2.3 CRONOPROGRAMMA

Il programma temporale con avvio dall'ottenimento del Decreto Autorizzativo è di seguito riportato; resta inteso che tale programma, essendo condizionato dalla pianificazione delle disalimentazioni degli impianti, è subordinato alla garanzia della continuità del servizio della Rete Elettrica Nazionale.


Nome attività
Decreto Autorizzativo
Progettazione Esecutiva
ottenimento autorizzazione
Asservimenti espropri
Realizzazione Opere
Anno 1
Anno 2
Anno 3
Anno 4
Tri 3
Tri 4
Tri 1
Tri 2
Tri 3
Tri 4
Tri 1
Tri 2
Tri 3
Tri 4
Tri 1
Tri 2
Tri 3
Tri 4
Tri 1
Tri 2

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'opera in progetto ricade all'interno del settore sud-est della Regione Lombardia, all'interno dei territori comunali di Piadena-Drizzona, Voltido, Torre de' Picenardi, San Martino del Lago, Cingia de' Botti, Derovere e Cella Dati, nella provincia di Cremona. È inquadrata nella cartografia ufficiale dello Stato (Istituto Geografico Militare) nell'ambito del Foglio 163 e164 – Cremona e Bozzolo alla scala 1:50.000 e nelle sezioni D8B1, D8C1,D7C5 e D7D5 della Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) a scala 1:10.000. I comuni ricadono nell'ambito territoriale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (Figura 3-1).

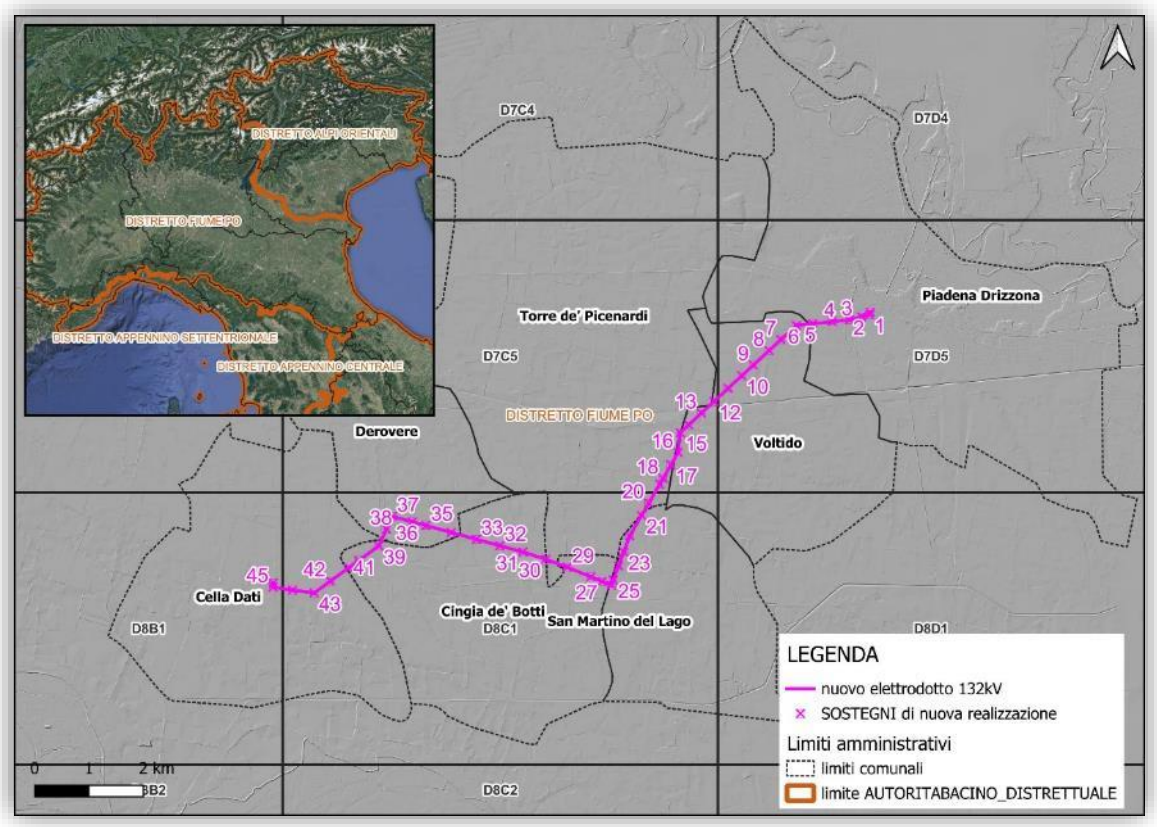


Figura 3-1: inquadramento territoriale dell'opera nel quadro degli elementi della C.T.R. a scala 1:10.000 ed Autorità di Bacino competente.

Il territorio sul quale si snoda il tracciato di progetto è rappresentato da una monotona pianura, caratteristica delle zone alluvionali dei principali corsi d'acqua. Tale pianura, la Pianura Padana, è fortemente antropizzata: strade, asfaltate e sterrate, fabbricati di tipo abitativo e produttivo, linee elettriche aeree e interrate, canali irrigui, zone di allevamento, acquedotti, gasdotti, oleodotti, appezzamenti coltivati sono i principali e più evidenti elementi che l'uomo ha inserito nel paesaggio primigenio. Le quote, rispetto al livello del mare, presentano piccole variazioni (ragione della morfologia pianeggiante) e si attestano grosso modo attorno ai 30 m.

Il tracciato si trova ai margini del centro abitato di Piadena Drizzona, dista circa 300 m in direzione Nord dal centro abitato di Cingia de' Botti e poi, a distanze maggiori, passa tra altri centri abitati, fra i quali Voltido, Torre de' Picenardi, San Martino del Lago, Derovere e Cella Dati.

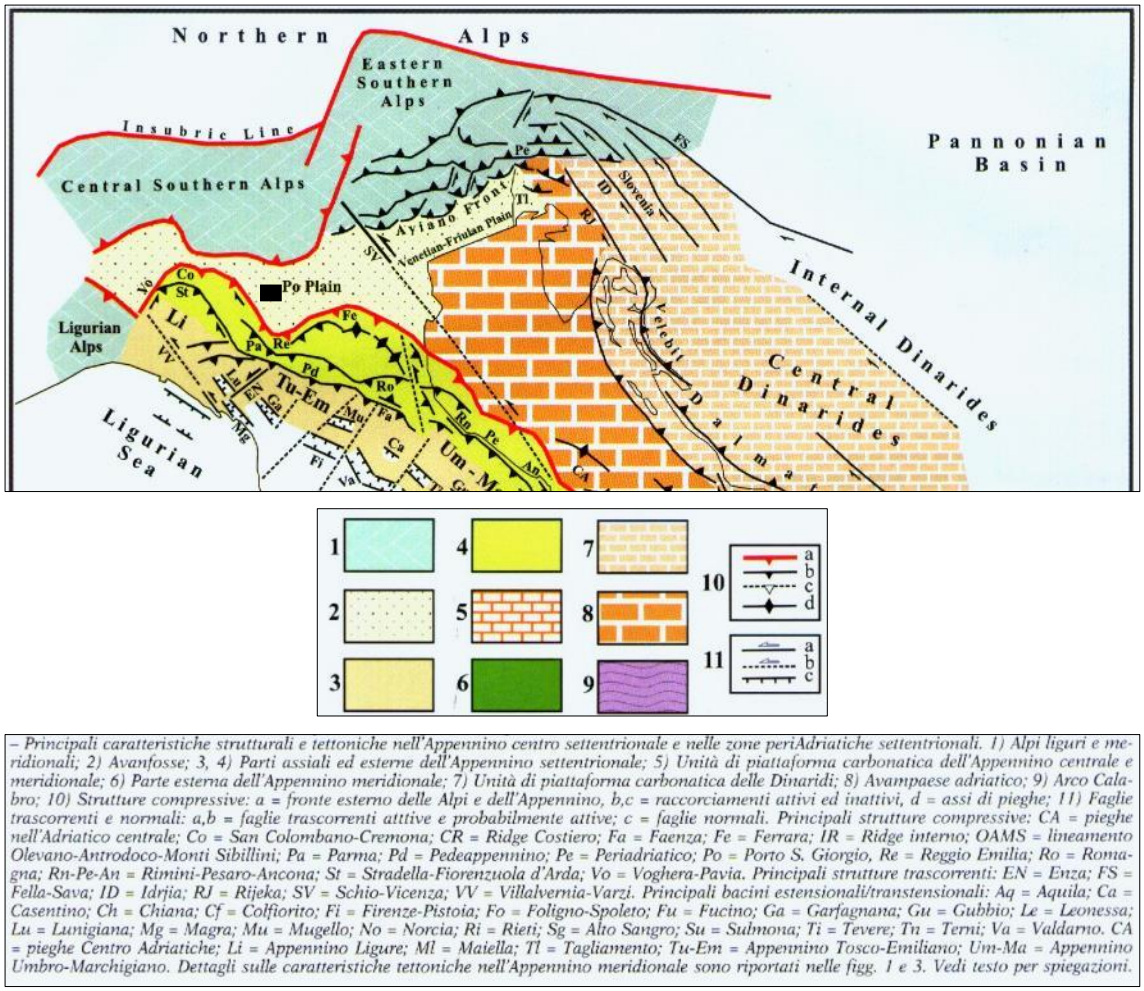
Lungo il tracciato è possibile notare la presenza di una vegetazione arborea piuttosto sporadica, presente per lo più lungo i margini degli appezzamenti, proprio a segnalare i confini di proprietà, e lungo i corsi d'acqua, nella pressoché totalità artificiali fatta eccezione per Il Riolo.

Come detto pocanzi, sono diversi i corsi d'acqua presenti lungo la linea di progetto. Nessuno di essi verrà intercettato nella realtà: i lavori che interesseranno il terreno si limiteranno alla posa in opera dei singoli tralicci che sosterranno i cavi aerei e ogni traliccio non verrà posizionato in corrispondenza di corsi d'acqua, secondo il progetto.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 CONTESTO TETTONICO-STRUTTURALE

In una visione di ampio respiro, a scala regionale, l'area in cui si colloca il progetto (si veda la figura sotto, Figura 4-1) si inquadra al di sopra della Pianura Padana, una ampia valle fluviale che si colloca nel settore settentrionale dell'Avanfossa adriatica (Viti *et alii*, 2006), vale a dire sulla porzione sepolta della *Placca Adria* tra l'Appennino settentrionale e le Alpi meridionali (Doglioni, 1993;); in particolare, il tratto di avanfossa di riferimento, con depocentro proprio, è quello che Ghielmi *et elii* (2009) definiscono *Avanfossa della Pianura Padana occidentale*. Il limite Pianura Padana / Appennini è puramente morfologico: le strutture della catena continuano verso nord-nord-ést, circa fino al tracciato del Fiume Po, sepolte al di sotto dei depositi continentali quaternari (Castaldini, 2006): ciò è in accordo con la seguente Figura 4-1, dove è possibile osservare come l'area di interesse si trovi immediatamente al fronte del sovrascorrimento principale sepolto sotto i sedimenti continentali pleistocenici, *thrust* attraverso il quale la catena, con strutturazione dell'edificio a pieghe e sovrascorrimenti *sensu* Ori (1993), si accavalla sui depositi di avanfossa.



– Principali caratteristiche strutturali e tettoniche nell'Appennino centro settentrionale e nelle zone periAdriatiche settentrionali. 1) Alpi liguri e meridionali; 2) Avanfosse; 3, 4) Parti assiali ed esterne dell'Appennino settentrionale; 5) Unità di piattaforma carbonatica dell'Appennino centrale e meridionale; 6) Parte esterna dell'Appennino meridionale; 7) Unità di piattaforma carbonatica delle Dinaridi; 8) Avampaese adriatico; 9) Arco Calabro; 10) Strutture compressive: a = fronte esterno delle Alpi e dell'Appennino, b,c = raccorciamenti attivi ed inattivi, d = assi di pieghe; 11) Faglie trascorrenti e normali: a,b = faglie trascorrenti atttive e probabilmente attive; c = faglie normali. Principali strutture compressive: CA = pieghe nell'Adriatico centrale; Co = San Colombano-Cremona; CR = Ridge Costiero; Fa = Faenza; Fe = Ferrara; IR = Ridge interno; OAMS = lineamento Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini; Pa = Parma; Pd = Pedeappennino; Pe = Periadriatico; Po = Porto S. Giorgio, Re = Reggio Emilia; Ro = Romagna; Rn-Pe-An = Rimini-Pesaro-Ancona; St = Stradella-Fiorenzuola d'Arda; Vo = Voghera-Pavia. Principali strutture trascorrenti: EN = Enza; FS = Fella-Sava; ID = Idrjia; RJ = Rijeka; SV = Schio-Vicenza; VV = Villalvernia-Varzi. Principali bacini estensionali/transtensionali: Aq = Aquila; Ca = Casentino; Ch = Chiana; Cf = Colfiorito; Fi = Firenze-Pistoia; Fo = Foligno-Spoleto; Fu = Fucino; Ga = Garfagnana; Gu = Gubbio; Le = Leonessa; Lu = Lunigiana; Mg = Magra; Mu = Mugello; No = Norcia; Ri = Rieti; Sg = Alto Sangro; Su = Sulmona; Ti = Tevere; Tn = Terni; Va = Valdarno. CA = pieghe Centro Adriatiche; Li = Appennino Ligure; Ml = Maiella; Tl = Tagliamento; Tu-Em = Appennino Tosco-Emiliano; Um-Ma = Appennino Umbro-Marchigiano. Dettagli sulle caratteristiche tettoniche nell'Appennino meridionale sono riportati nelle figg. 1 e 3. Vedi testo per spiegazioni.

Figura 4-1: schema geologico a scala regionale (da Viti et alii, 2006); nel rettangolo in nero nella figura, la zona in cui rientra l'area di progetto.

Anche in base allo schema tettonico di Boccaletti et alii (2004) in figura seguente, è possibile inquadrare l'area di interesse, o *pianura cremonese* in Bassi (2009), in un contesto di fagliazione compressiva, al fronte della catena appenninica settentrionale al di sopra dei depositi dell'avanfossa adriatica settentrionale (Avanfossa della Pianura Padana occidentale sensu Ghielmi et alii, ibidem), sigillati dagli spessori di materiali alluvionali attribuibili al Fiume Po e ai suoi affluenti.

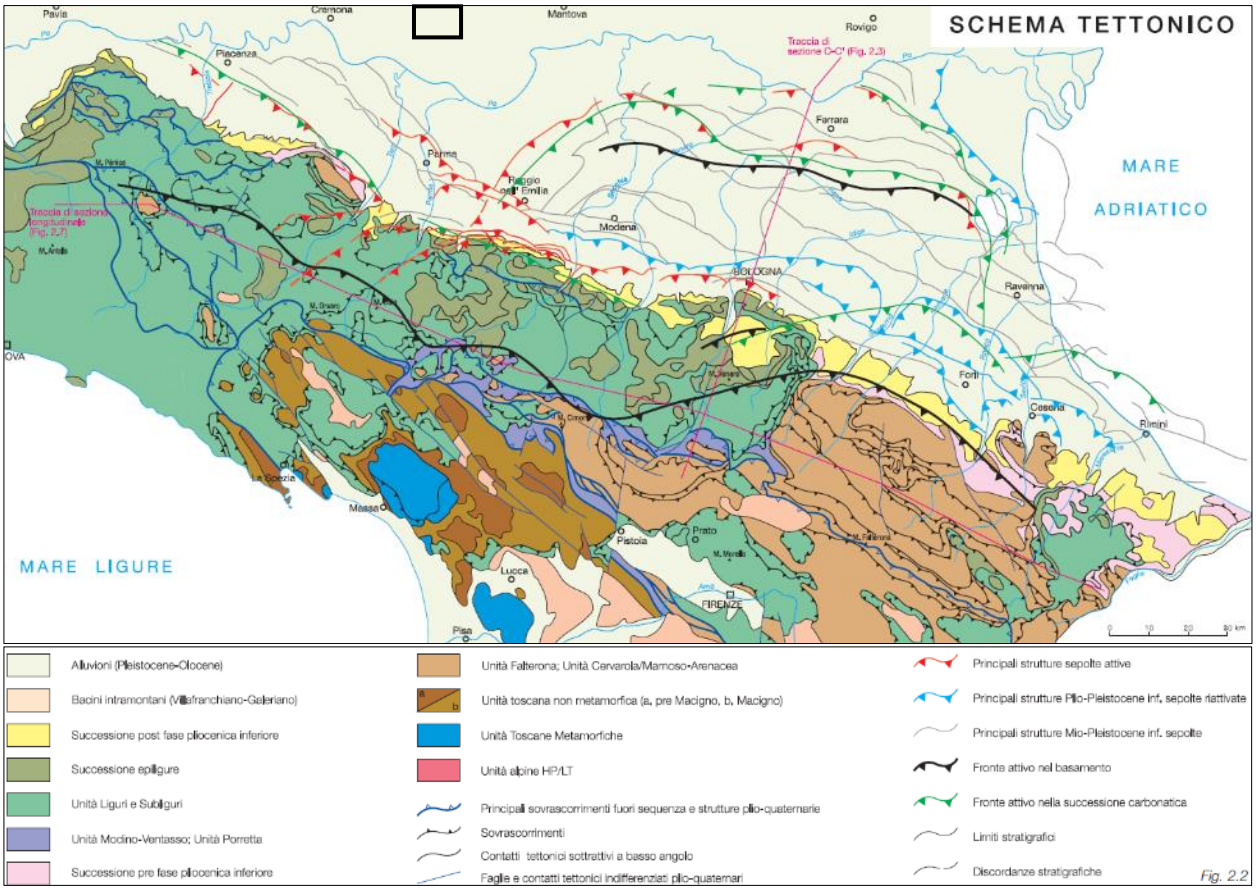
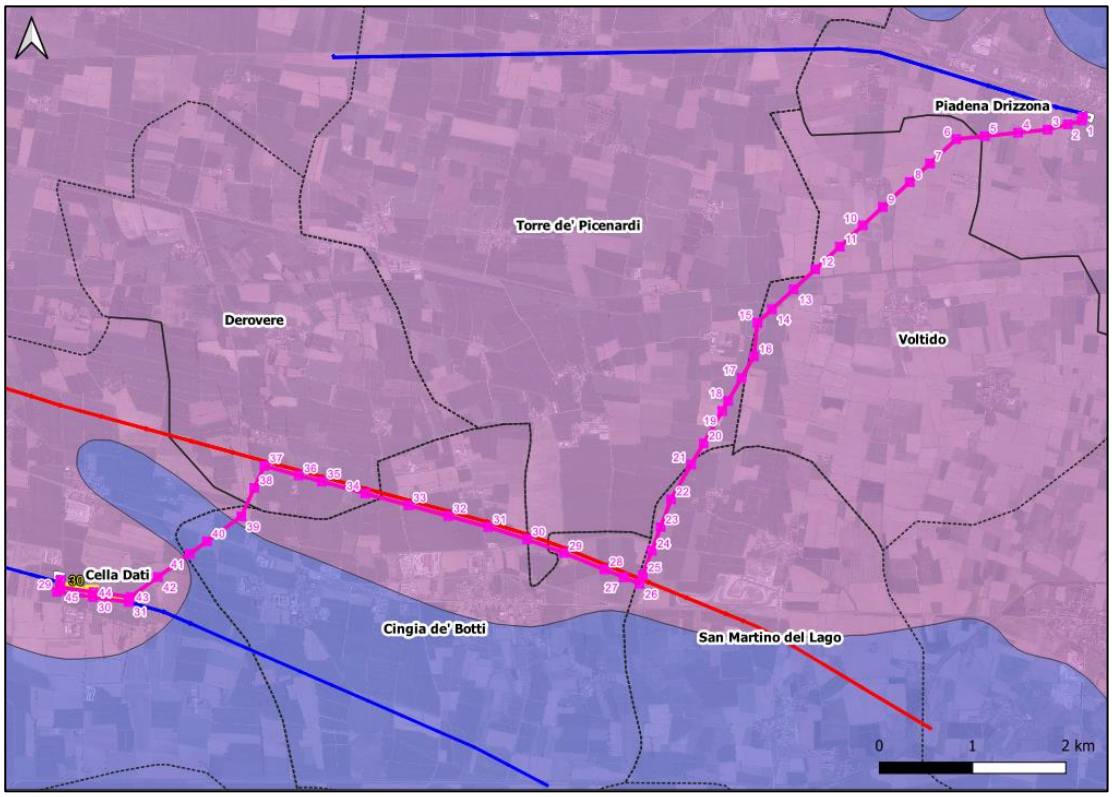


Figura 4-2: schema tettonico dell'area padano-adriatica settentrionale; nel riquadro in nero, la zona in cui ricade il progetto.

La zona di progetto si rinviene dunque in corrispondenza di depositi quaternari continentali dovuti alle attività deposizionali del Fiume Po e dei corsi d'acqua che in nesso confluiscono. Tali sedimenti sono stati cartografati in diverse mappe geologiche, a diverse scale. Partendo dalla Carta Geologica, scaricabile in formato *shapefile* dal geoportale della Regione Lombardia, alla scala 1:250.000 (immagine seguente), nella zona in cui si inserisce il progetto è stata indicata la presenza di depositi prevalentemente fluvioglaciali e fluviali wurmiani e, per un breve tratto nel territorio di Cingia de' Botti, di materiali fluviali terrazzati (Alluvium medio) sempre quaternari. Tali depositi mostrano spesso eteropie laterali oltre che variazioni verticali, figlie dei molteplici e complessi fattori che hanno influito sui processi deposizionali che li hanno generati: l'attività dei fiumi presenti nel settore di Pianura Padana cremonese è la principale causa della formazione dell'ambiente attuale con significativi condizionamenti dovuti alle glaciazioni ed ai fenomeni di subsidenza differenziali in corrispondenza di sinclinali e anticlinali sepolte, presenti nel territorio cremonese il cui assetto attuale è il risultato dell'azione di numerosi corsi d'acqua che hanno, in successivi tempi

geologici e storici, apportato e asportato sedimenti fluviali sul bacino marino costiero, soggetto a fenomeni di subsidenza, che occupava l'odierna Pianura Padana; in particolare la gran parte dei depositi superficiali affioranti è il prodotto dell'attività fluviale successiva all'ultima glaciazione wurmiana che si concluse circa 30000 anni fa; lo scioglimento dei ghiacciai, liberando una gran quantità d'acqua in tempi geologicamente brevi (a partire dal Pleistocene superiore, 160000 anni fa, con il Pleniglaciale, Lascaux e Dryas I, epoche post wurmiane) ha comportato l'erosione dei grandi corpi morenici, edificati precedentemente dall'attività dei ghiacciai; i materiali erosi a monte o in prossimità dei depositi morenici deposti all'inizio delle vallate furono deposti a valle e in questa fase si è venuto costituendo il complesso sedimentario chiamato "Livello Fondamentale della Pianura" o "Piano Generale Terrazzato", che occupa, oggi, gran parte della Pianura Padana (Bassi, *ibidem*).



LEGENDA

Opere in progetto
- Nuovo elettrodotto aereo 132 kV
- Sostegni di nuova realizzazione
- Demolizioni
- Sostegni da demolire

Opere esistenti
- Elettrodotto aereo 132 kV ESISTENTE
- Elettrodotto aereo 380 kV ESISTENTE
- Sottostazione Elettrica ESISTENTE

Limiti amministrativi
- Limiti comunali

Geologia_250000
- Depositi terrazzati (Alluvium medio)
- Fluvioglaciale e Fluviale Wurm

Figura 4-3: Stralcio fuori scala dalla Carta Geologica scaricabile dal geoportale della Regione Lombardia. Per una migliore consultazione, si rimanda alla tavola DEBX18096B2780268ad una scala maggiore.

4.2 STRATIGRAFIA

A livello stratigrafico, i terreni presenti nella zona di *pianura cremonese*, fino ad una certa profondità al di sopra degli strati flyschoidi di avanfossa, sono quindi inquadrabili all'interno di depositi continentali recenti ed attuali, di ambiente prevalentemente fluvioglaciale e fluviale, a tessitura clastica particellare con granulometria variabile tra il grossolano (ghiaie) e il fine coesivo (argille).

In base a quanto visibile sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 61 "Cremona" (Servizio Geologico d'Italia, 1970), il tracciato d'elettrodotto si troverebbe al di sopra di depositi fluviolacustri argillosi, biancastro-giallastri o bruno-giallastri, talora con scarsi ciottolini e frequenti concrezioni calcaree: "bambole" ("castracan" degli agricoltori) e crostoni ("gès" dei locali) (f,l^{W-R}), ascrivibili all'interglaciale Würm – Riss, nella zona di Piadena e di lì per un certo tragitto fino a raggiungere la zona di Voltido. Da lì, l'elettrodotto (così anche il tracciato alternativo) attraverserebbe terreni costituiti da strati sabbiosi-argillosi, con lenti ghiaiose a ciottoli minuti, suolo bruno o brunastro, talora rossastro per dilavamento di paleosuoli preesistenti a monte; questo suolo forma l'esteso *livello della Pianura*, con alte scarpate lungo i corsi d'acqua principali (*Livello Fondamentale della Pianura* richiamato poco fa); queste coperture vengono definite come Fluviale Würm (f^W) e corrispondo al *Fluviale e fluvioglaciale Würm* visto precedentemente nella cartografia della Regione (Figura 4-3). In un breve passaggio, nell'ultima porzione del proprio percorso in territorio di Cingia de' Botti, il tracciato si rinviene in corrispondenza di alluvioni medio-recenti (a^2) costituite da depositi sabbioso-argillosi, talora ghiaiosi, terrazzati di poco sospesi sugli alvei attuali, anche attualmente esondabili.

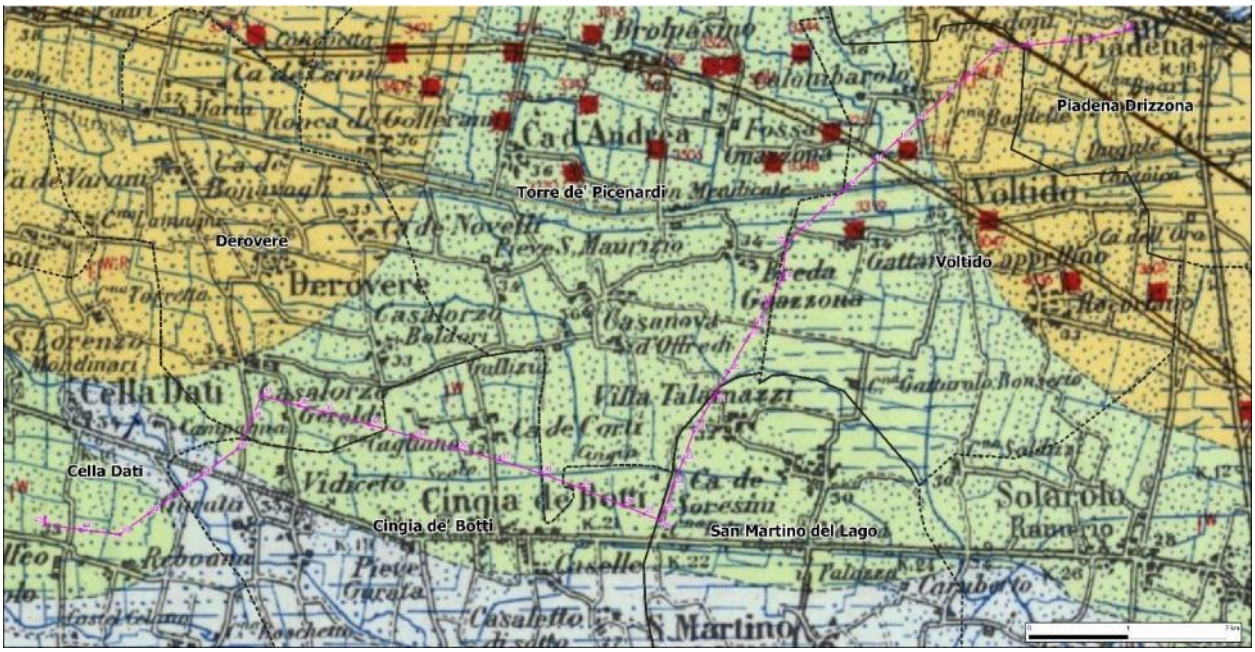
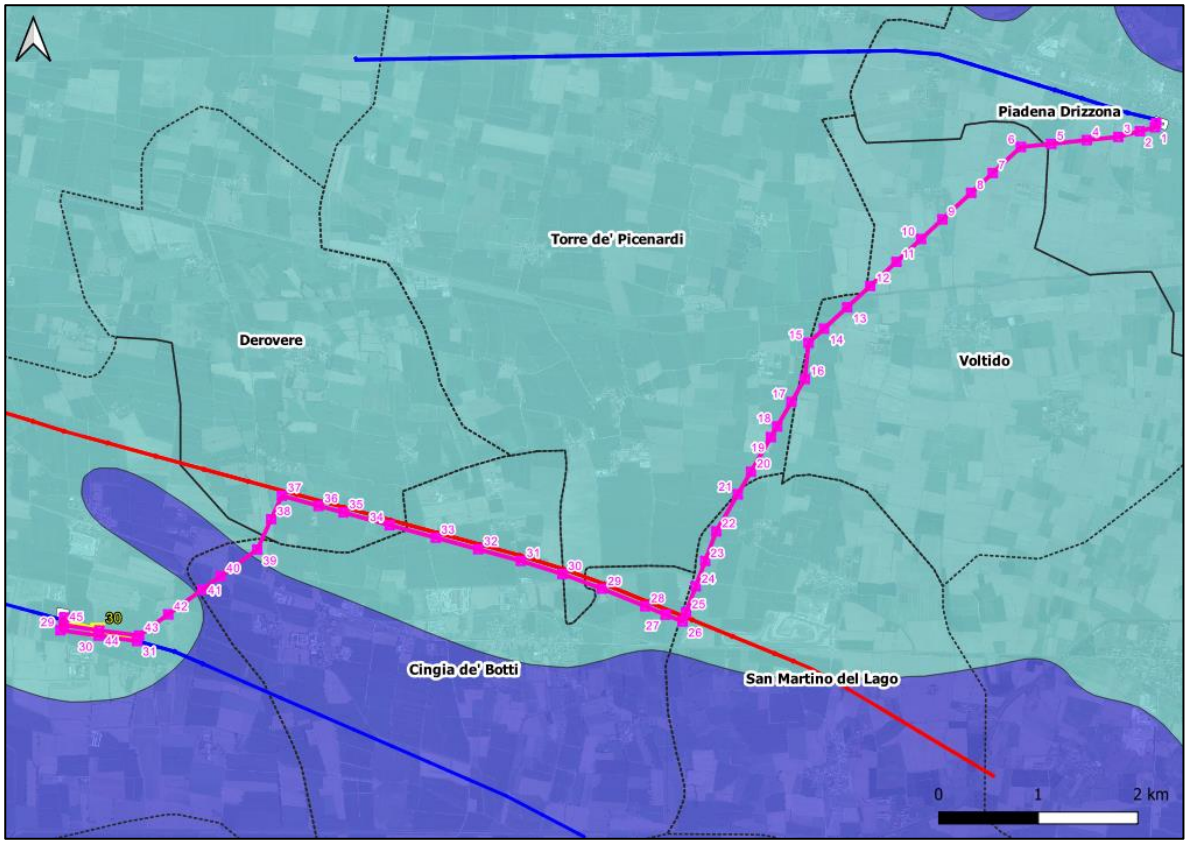


Figura 4-4: stralcio dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000; in tratto magenta il tracciato di progetto con i singoli tralicci numerati da 1, punto di partenza (a Piadena), a 45, punto di arrivo (a Cella Dati).

Di seguito, la carta litologica scaricabile dal geoportale della Regione Lombardia (Figura 4-5), la quale non conferma complessivamente quanto riferito pocanzi in merito alla Carta Geologica d'Italia al 100.000, indicando la presenza di materiali più grossolani, quali ghiaie e sabbie sostanzialmente.



LEGENDA

Opere in progetto
- Nuovo elettrodotto aereo 132 kV
- Sostegni di nuova realizzazione
- Demolizioni
- Sostegni da demolire

Opere esistenti
- Elettrodotto aereo 132 kV ESISTENTE
- Elettrodotto aereo 380 kV ESISTENTE
- Sottostazione Elettrica ESISTENTE

Limiti amministrativi
- Limiti comunali

Geologia_250000
- ghiaie, sabbie
- ghiaie, sabbie e limi

Figura 4-5: Stralcio fuori scala dalla Carta Litologica scaricabile dal geoportale della Regione Lombardia. Per una migliore consultazione, si rimanda alla tavola DEBX18096B2779835ad una scala maggiore.

Livani *et alii* (2023) indicano la presenza, nella zona di interesse, appartenente all'*area Parma-Mantova*, una sequenza alluvionale prevalentemente sabbiosa, con livelli argillosi nettamente subordinati. Non viene indicata, almeno non per l'intervallo del Pleistocene nella sezione di riferimento (cfr. figura 3 in Livani *et alii*, *ibidem*), la presenza di materiali ghiaiosi. In ogni caso, per quanto riguarda le stratigrafie di dettaglio, si rimanda al successivo capitolo 9 del presente elaborato.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Da un punto di vista generale, nel lavoro di Zanchi *et alii* (2021) l'area in cui si inserisce il progetto viene classificata tra le *Superfici terrazzate* e *unità alluvionali formatesi durante il LGM* (Last Glacial Maximum). Le caratteristiche geomorfologiche della pianura sono principalmente il risultato di l'evoluzione dei fiumi Po, Secchia e Panaro e, negli ultimi secoli, dell'attività umana; il paesaggio naturale è caratterizzato da conoidi alluvionali, scarpate fluviali, resti di alvei abbandonati (in pianura e sui crinali), aree depresse e rilevate (Castaldini, *ibidem*). Durante il Pleistocene, i depositi della Pianura Padana hanno registrato l'aumento e la diminuzione della calotta glaciale delle Alpi, quando ci fu l'interazione tra precise fluttuazioni climatiche e attività tettonica di background avendo come risultato frequenti cambi nei modelli di drenaggio dei corsi d'acqua (Vezzoli & Garzanti, 2009).

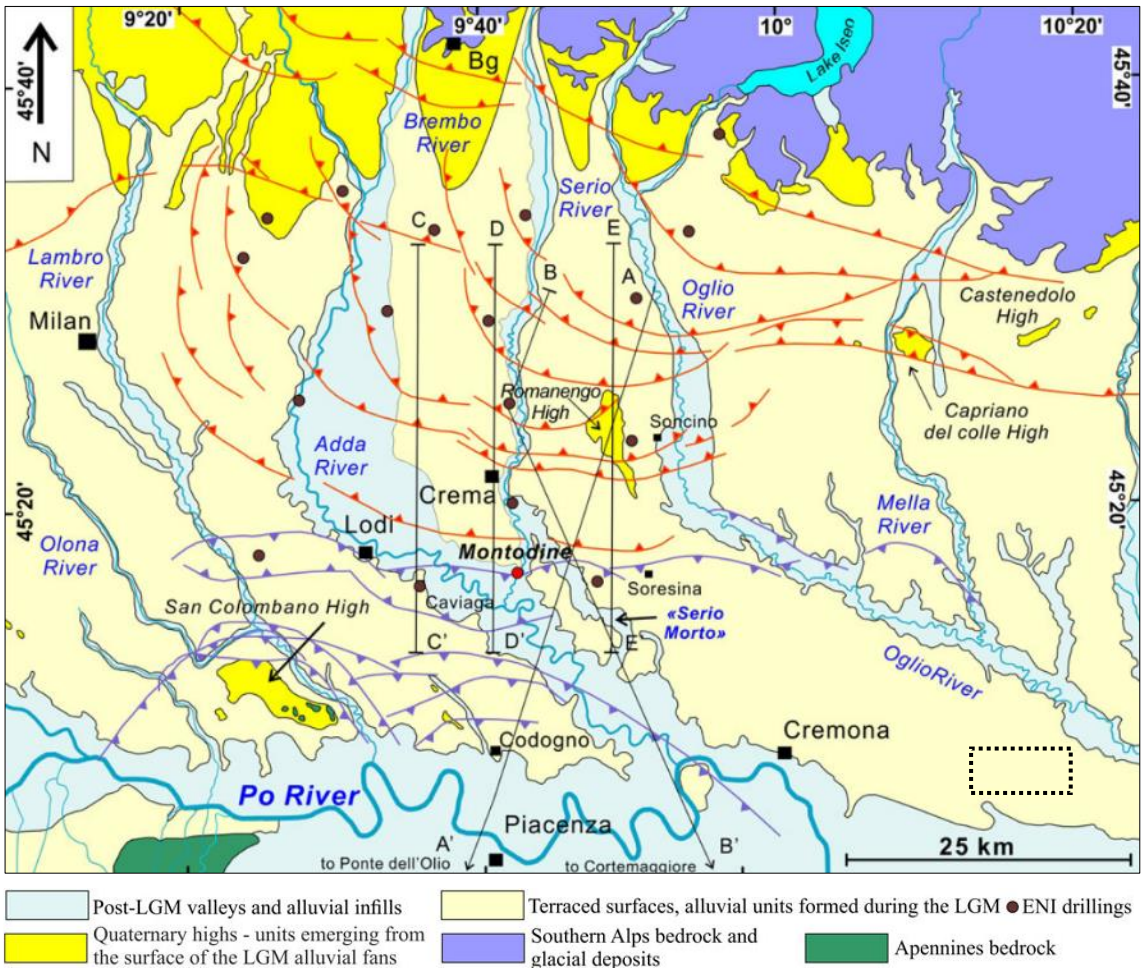


Figura 5-1: assetto geologico-morfologico della Pianura Padana centrale (da Zanchi et alii, 2021); in tratteggio nero, nell'estremità sud-ést in figura, la zona in cui ricade il progetto.

In dettaglio, la zona interessata dal progetto si inserisce in un paesaggio pianeggiante e subpianeggiante, nel quale è difficilmente individuare una pendenza del piano campagna osservando il panorama all'aperto. Le quote, mediamente attorno ai 30 ÷ 32 m al di sopra del livello medio del mare, con regolarità piuttosto pronunciata, testimoniano gli ambienti deposizionali che hanno rilasciato i sedimenti oggi presenti. Si veda l'immagine seguente.

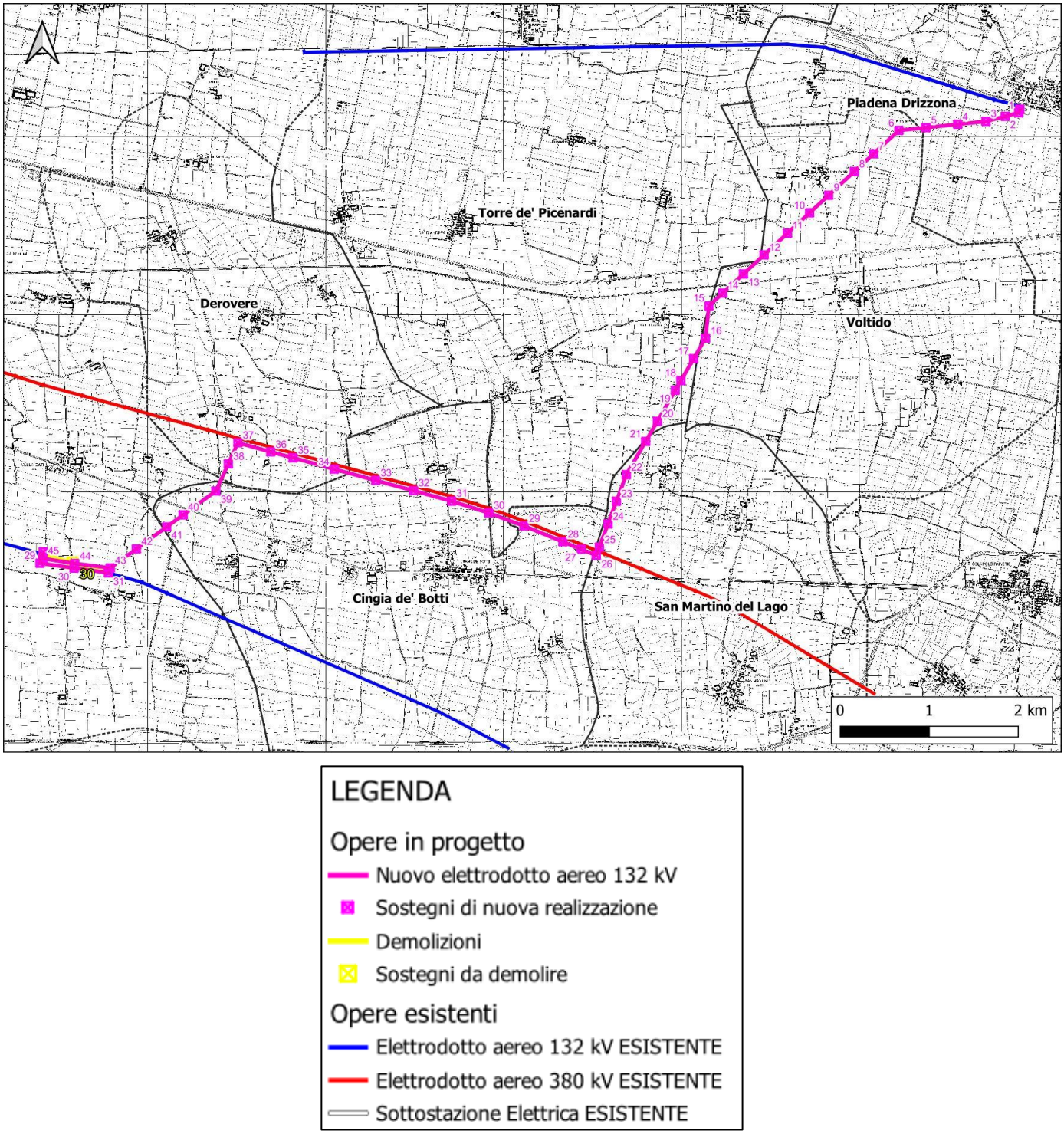


Figura 5-2: cartografia CTR con tracciato del progetto.

Per quanto riguarda i processi legati alla gravità, non sono presenti fenomeni e forme franose e neppure legati a deformazione lente di superficie (soliflussi); ciò è dovuto all'energia di rilievo praticamente nulla. A maggiore distanza, si possono verificare crolli in corrispondenza delle scarpate erosive del principale corso d'acqua, che rappresenta anche il livello di base locale: il Fiume Po.

Circa forme e processi legati alle acque di scorrimento superficiali, in accordo a quanto segnalato dalle mappe del PAI e del PGRA (si veda a tal proposito il successivo paragrafo 11.2), l'area di interesse è soggetta ad alluvioni: si tratta dunque di processi legati alle fasi di esondazione dei principali corsi d'acqua (in particolare il Fiume Po) i quali rilasciano il proprio carico solido andando a conferire la morfologia pianeggiante che caratterizza il panorama circostante. I corsi d'acqua più prossimi al tracciato dell'elettrodotto in progetto non sembrano mostrare una grossa capacità in tal senso: si tratta nella maggior parte dei casi di piccoli elementi idrografici antropici o fortemente antropizzati, con percorsi rettificati e modellamento degli argini, magari di discreta lunghezza ma con sezione ortogonale piuttosto modesta. Per tale ragione, si presume che sia esclusivamente il Fiume Po, distante circa 6 km in direzione Sud, ad esplicare la propria attività alluvionale-deposizionale sui luoghi interessati dall'opera in progetto. In via collaterale, si aggiunge che sempre il Fiume Po modella il territorio generando scarpate di erosione nei terreni che incide lungo il proprio corso, specie nelle zone di meandro ove impatta con maggiore vigore contro le sponde.

Circa forme e processi legati all'attività antropica, certamente l'agricoltura è una pratica che ha governato e ancora governa largamente, intensivamente, tutto l'areale in cui si inserisce il progetto: attraverso le operazioni di aratura del terreno, la coltre superficiale si mantiene sempre più o meno soffice conferendo un certo grado di permeabilità ai primi spessori di suolo e nondimeno, in ragione della necessità di acqua in maniera continuativa, l'uomo ha dovuto creare un ricco sistema di canali antropici, oppure è intervenuto sui corsi d'acqua naturali, a scopo irriguo. Ancora, la delimitazione degli appezzamenti di terreno spesso coincide con strisce di vegetazione che si inseriscono in un paesaggio spesso monotono. La realizzazione di infrastrutture, lineari e puntuali, segna evidentemente il paesaggio, attraverso la viabilità e le linee elettriche aeree oltre che stazioni e centrali. I fabbricati, di tipo residenziale o produttivo, sono anch'essi un segno della presenza dell'uomo sul territorio. Si aggiunge che fin dal Medioevo, nel territorio di Cremona, l'uomo si è preoccupato dello studio dei corsi d'acqua, della loro "indole", per riuscire a comprendere le ragioni delle alluvioni e dei fenomeni in generale associabili ai fiumi, e nell'età moderna ha iniziato a occuparsi della gestione dei corsi d'acqua, intervenendo sul paesaggio naturale e modificandolo per i propri scopi (Costantini, 2022).

6 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area di progetto appartiene al bacino idrografico del Fiume Po. Nel contesto idrografico cremonese, il Fiume Po occupa sicuramente il posto più importante (Manfredini G. F., 1996). Analizzando una carta topografica, è immediatamente intuibile quanto il Fiume Po rappresenti realmente il principale elemento idrografico di tutta l'area della Pianura Padana cremonese, dove si inserisce il progetto. In particolare, in base a quanto indicato dalla mappa sulla *Natura dei corpi idrici superficiali* (Regione Lombardia, 2017) in figura sotto, il Fiume Po rappresenterebbe l'unico corso d'acqua naturale nel panorama circostante l'area di progetto, a meno del piccolo affluente in sinistra idrografica chiamato *Il Riolo*, il quale scorre in direzione circa nord-nord-òvest – sud-sud-ést, per circa 18,70 km (Provincia di Cremona, Piano d'Ambito), prima di immettere le proprie acque all'interno del Po.

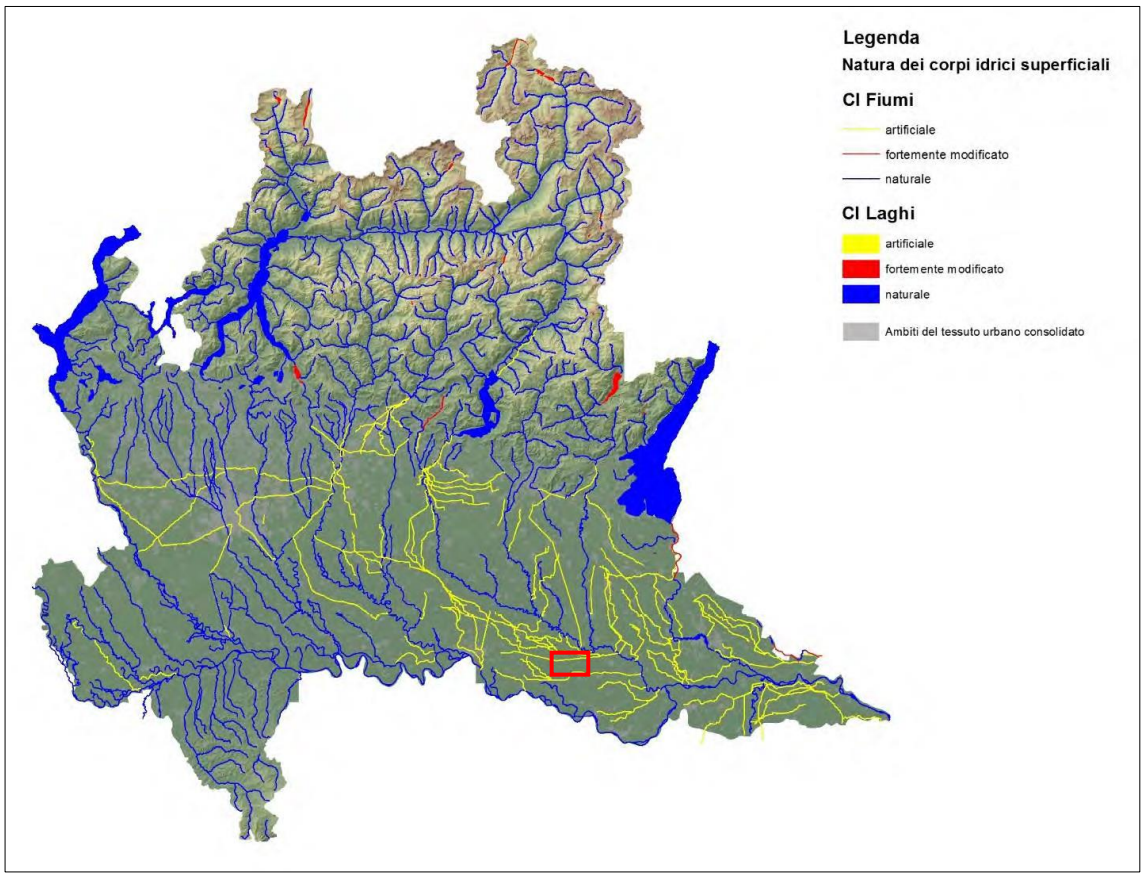


Figura 6-1: è possibile vedere come nell'area di progetto (all'interno del rettangolo in rosso) e nel territorio circostante sia forte il contributo antropico all'idrografia di superficie.

I corpi idrici artificiali presenti nella zona di progetto sono canali utilizzati a scopi irrigui e conducono le acque fin dove necessario alle attività antropiche. Il pattern è quindi geometrico-artificiale, rettilineo, comunque non si può analizzare in termini naturali, dal momento che si tratta di percorsi studiati e realizzati dall'uomo.

All'esterno del percorso del tracciato dell'elettrodotto, Il Riolo presenta un andamento abbastanza regolare in pianta, certamente non meandriforme o anastomizzato, definibile come *sinuoso* (*sensu* Rinaldi *et alii*, 2010), mentre il Fiume

Po è più articolato, con la presenza di canali talora intrecciati e isole longitudinali, e nel complesso si può definire come *transizionale wandering* (*sensu* Rinaldi *et alii*, *ibidem*).

In base a quanto riportato nell'inquadramento territoriale del Piano d'Ambito della Provincia di Cremona, per il Fiume Po le principali derivazioni sono costituite dagli impianti di sollevamento di Foce Morbasco (8 m^3/s), Isola Pesçaroli (6 m^3/s) e Casalmaggiore (5 m^3/s), per un totale di 19 m^3/s. Svariati sono gli affluenti che versano le loro acque nel fiume Po: Riglio, Morbasco, Canale Navigabile (che convoglia le acque superficiali che deriva da vari canali), canale Mota, Fossadone, Dosolo, Riolo (come detto in precedenza) e Canale Irriguo Casalasco Viadanese (apporti idrici residui). Alla destra idrografica confluiscono anche altri corsi d'acqua (fra i quali i principali sono il Torrente Arda, il Fiume Taro, a Sud di Cingia de' Botti, ed il Torrente Parma, che scorrono in territorio della regione Emilia Romagna). Da segnalare poi, più a monte, gli impianti della Centrale Idroelettrica ENEL a Isola Serafini. La portata del Fiume Po è perenne ma assai irregolare (variabile da un minimo di 390 m^3/s ad un massimo di 4.600 m^3/s, media 1.542,8 m^3/s). La pendenza media complessiva è di 0,30%.

Il Riolo ha invece una portata media annua del valore di circa 0,15 m^3/s (Regione Lombardia, 2019).

L'idrografia superficiale è influenzata, come in molte altre pianure, dalla piovosità, la quale incide sulla ricariche delle acque sotterranee ma anche sulle portate dei corsi d'acqua. Nella figura seguente, tratta dall'inquadramento territoriale del Piano d'Ambito della Provincia di Cremona, è riportata la piovosità media annua per l'intero territorio regionale lombardo: la zona di interesse è caratterizzata dalla caduta media di circa 800 ÷ 1.000 mm/anno.

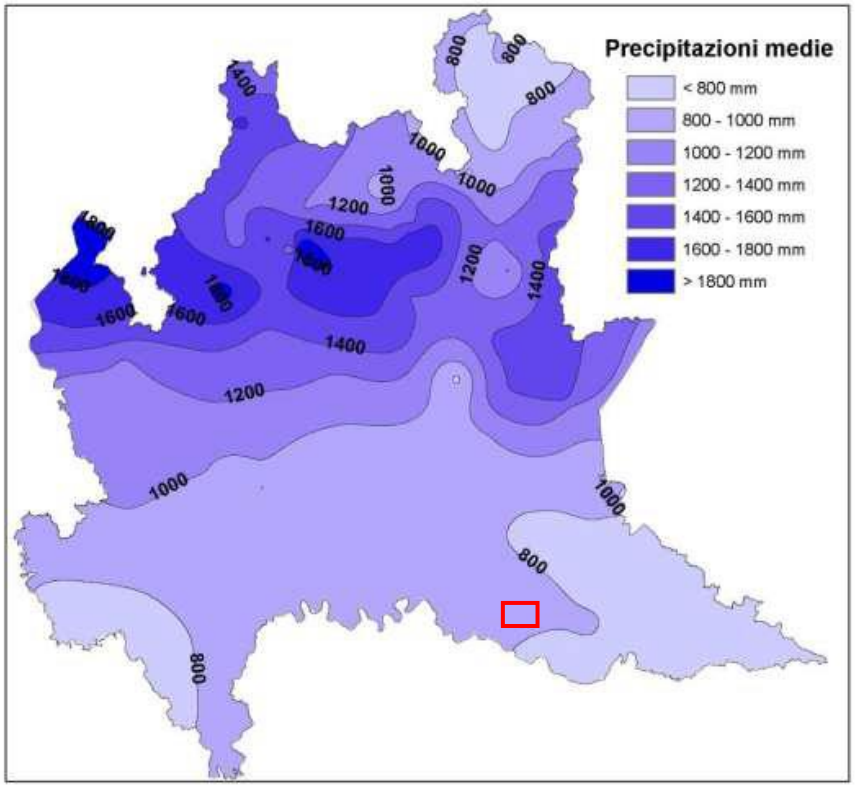


Figura 6-2: distribuzione media annua delle precipitazioni (mm/anno).

I dati inerenti al Bilancio Idrico Regionale, che tiene conto dunque sia delle acque sotterranee che di quelle superficiali oltre che del prelievo e della perdita naturale per evapotraspirazione, sono consultabili e scaricabili dal Portale Idrologico Geografico di Arpa Lombardia (PIGAL) al seguente link: http://idro.arpalombardia.it. PIGAL, quale webgis ufficiale per la condivisione di dati e prodotti idrologici di Arpa Lombardia, presenta una sezione dedicata al Bilancio Idrico Regionale, ove i dati pubblicati si possono visualizzare, interrogare e scaricare in diversi formati.

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nel PTUA del 2017 della Regione Lombardia, sono state riconosciuti diversi corpi idrici sotterranei, suddivisi a seconda di diversi criteri. Tra queste varie idrostrutture, sono state discriminate anche la ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale) e la ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia) sulle quali si sovrappone la zona di progetto (si vedano le figure seguenti).

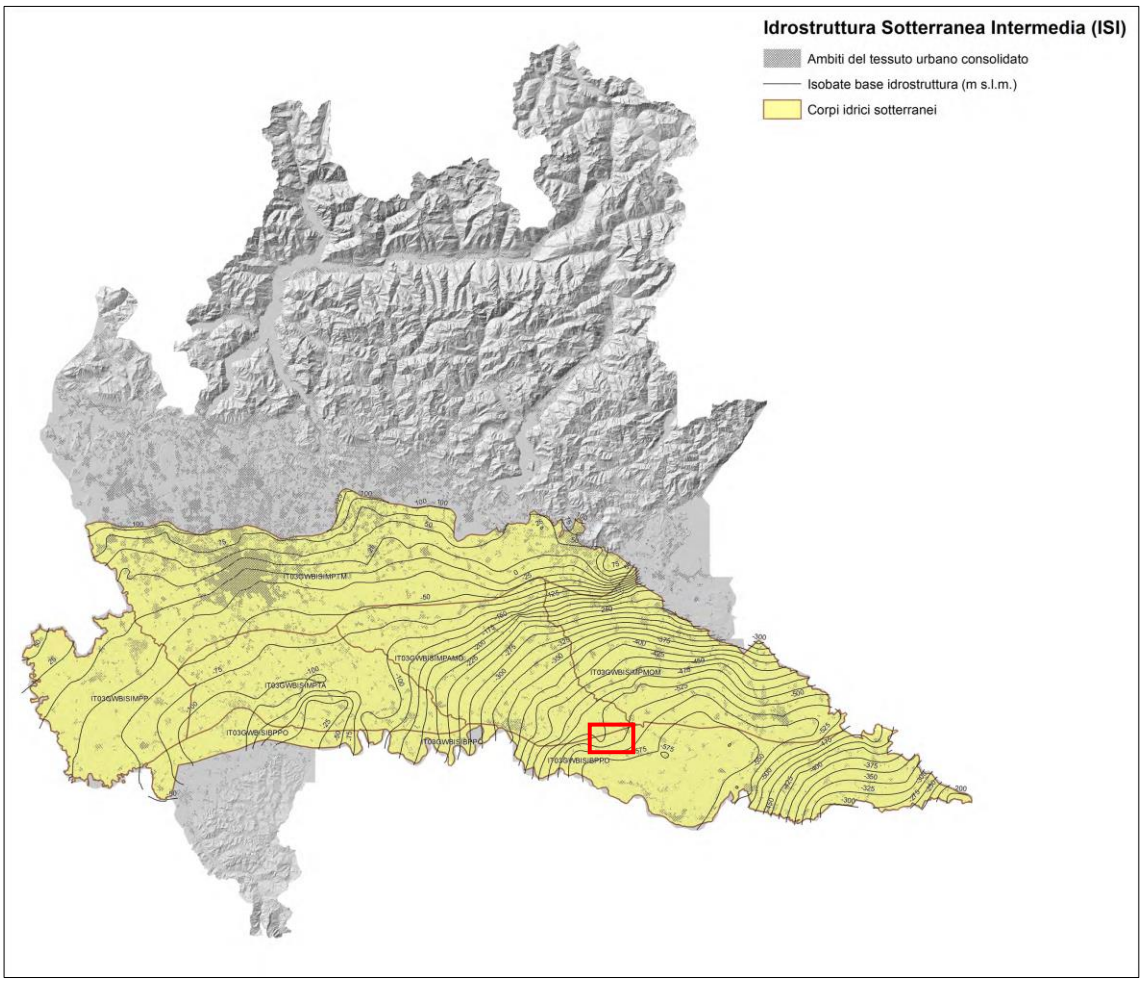


Figura 7-1: nel rettangolo in rosso la zona di progetto.

Nell'immagine sopra, l'area di progetto si trova in corrispondenza dell'idrostruttura ISI, la cui base si trova a quote di circa – 500 ÷ - 475 m rispetto al livello del mare, in base a quanto indicato dalla isobate.

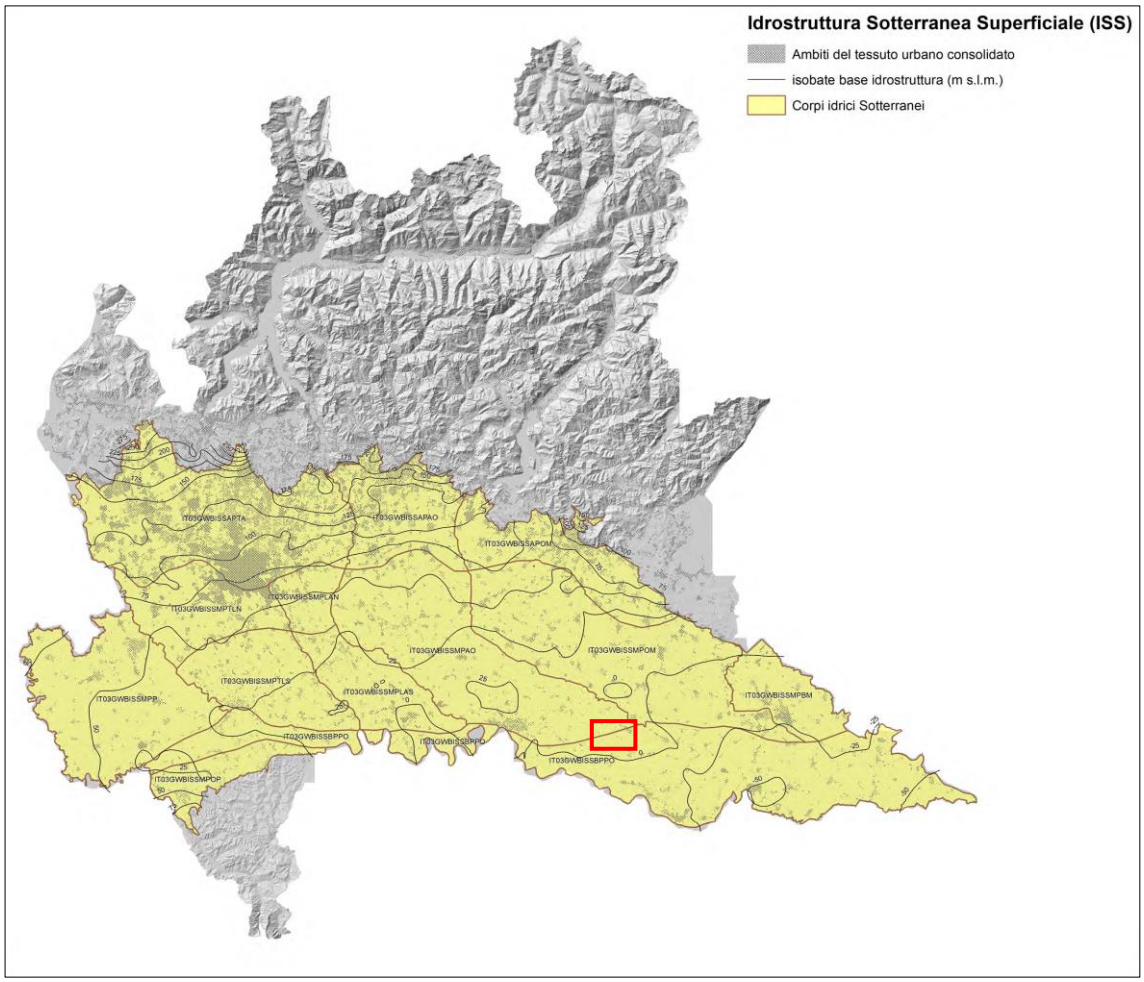


Figura 7-2: nel rettangolo in rosso la zona di progetto.

Nell'immagine sopra, l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale in corrispondenza dell'area di progetto mostra una base alla quota di circa 0 m rispetto al livello del mare.

Si noti l'importante differenza di quota tra la base della ISI, più profonda, e quella della ISS, più prossima alla superficie. In considerazione poi delle quote topografiche mediamente presenti, la base della ISS si attesta a circa 30 m di profondità rispetto al piano campagna. Per quanto riguarda la soggiancenza, se ne descrive la situazione nel seguito. In base a quanto riportato nel Piano d'Ambito della Provincia, la zona di pianura comprende una delle maggiori riserve idriche europee. Lo spessore dei terreni acquiferi è infatti notevole, in quanto fino a circa 200 m dal piano campagna sia nella media sia nella bassa pianura risulta possibile rinvenire acquiferi sfruttabili. Sotto l'aspetto idrochimico, si osserva che nella parte pedemontana la composizione naturale delle acque sotterranee, risulta praticamente priva di sostanze inquinanti anche in profondità. Nella parte mediana della pianura, le irrigazioni forniscono alle acque di prima falda un contributo rilevante. In questo settore, le acque delle falde profonde sono su lunghi tratti separate da quelle superficiali. Per tale motivo, le falde profonde presentano alcune caratteristiche naturali particolari, quali l'incremento dell'ammoniaca, del ferro e del manganese, e talora dell'acido solfidrico e dell'arsenico, le cui concentrazioni vengono via via accentuandosi con la profondità. Possiamo così avere fenomeni di degrado qualitativo naturale delle acque profonde nella media e nella bassa pianura. In prossimità del Fiume Po, dove si registra una riduzione dello spessore

e della continuità dei livelli argillosi, tale strato di degrado si attenua in modo consistente. Sono individuate le seguenti aree idrogeologicamente importanti:

- zona di ricarica delle falde, corrispondente alle alluvioni oloceniche e ai sedimenti fluvioglaciali pleistocenici nella parte settentrionale della pianura, dove l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Quest'area si estende quasi tutta a monte della fascia delle risorgive. Sono queste le aree nelle quali l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica della prima falda, tramite la quale può pervenire nella zona b) alle falde profonde;
- zona di non infiltrazione alle falde, sempre nella parte alta della pianura, costituita dalle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico);
- zone ad alimentazione mista, nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Quest'area corrisponde alla massima parte della pianura;
- zona di interscambio tra falde superficiali e profonde in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del Fiume Po.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud. Entro i primi 100 metri di profondità si trovano gli acquiferi di maggiore potenzialità, sede di falde libere che traggono alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue. Più in profondità si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o più raramente sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a nord e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui. Facendo riferimento ad associazione di litotipi che presentano simili condizioni di circolazione idrica sotterranea, di alimentazione e di disposizione geometrica, vengono generalmente distinti nell'ambito del territorio della Lombardia centrale tre complessi acquiferi principali, separati su aree molto vaste da livelli impermeabili continui ed estesi. I complessi principali possono essere distinti in acquiferi di minore estensione, tra loro intercomunicanti. I complessi acquiferi principali della pianura lombarda sono stati così identificati:

- ACQUIFERO TRADIZIONALE: è l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici; la base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi Villafranchiani;
- ACQUIFERO PROFONDO: è costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori.

In realtà la risorsa idrica più facilmente disponibile, di migliore qualità e abbondante è contenuta nell'acquifero tradizionale, che nella parte mediana della pianura presenta una separazione tramite lenti poco permeabili di spessore variabile e spesso discontinue, che diventano più continue verso sud e separano l'acquifero stesso in un:

- ACQUIFERO SUPERFICIALE freatico;
- ACQUIFERO TRADIZIONALE *s.s.* semiconfinato sottostante.

Nella parte dove compaiono i due acquiferi si ha mediamente la seguente suddivisione:

- acquifero superficiale (freatico) = presente fino ad una profondità di 40-45 metri dal piano campagna;
- setto di separazione (aquitard) = con uno spessore di circa 5-20 metri;
- acquifero semiconfinato = con una profondità variabile tra 80 e 120 metri dal piano campagna.

Nella parte alta della pianura, a valle di una fascia nella quale il suo spessore è ridotto a pochi metri, il primo acquifero assume una potenza molto rilevante fino alla media pianura, mentre nella bassa torna a ridursi fino a circa una decina di metri. L'andamento della base dell'acquifero superficiale ha un certo interesse, in quanto consente di identificare le aree di massima trasmissività. L'acquifero tradizionale s.s. prosegue verso valle gli acquiferi semiconfinanti contenuti nei depositi fluvioglaciali, assumendo uno spessore crescente a detrimento del primo, che si riduce a poche decine di metri, e talora assume spessori compresi fra i dieci e i quindici metri. Questo acquifero si può suddividere in una serie di livelli di spessore ridotto, separati talora da *aquicludes*, talora da *aquitard*, che possiedono una rilevante continuità laterale e uno spessore complessivo di alcune decine di metri. L'estensione verticale dell'acquifero ha una notevole importanza nel determinare le variazioni della trasmissività, quindi delle portate circolanti nelle falde che vi sono ospitate. L'acquifero profondo è tipicamente multistrato, essendo costituito dai banchi argillosi anche molto spessi e continui ai quali sono intercalate lenti e banchi di ghiaie e sabbie. I depositi marini, separati da livelli poco permeabili da quelli precedentemente descritti, contengono falde in pressione che ricevono alimentazione dagli altri acquiferi dove l'erosione ha intagliato i livelli argillosi, permettendo il contatto fra gli acquiferi profondi e quelli superiori. La continuità e la consistenza nel tempo di questi acquiferi sono stati più volte posti in dubbio; essi tuttavia costituiscono una riserva interessante, non completamente conosciuta e utilizzabile. La regione è stata suddivisa in bacini idrogeologici, ognuno dei 5 Bacini, corrisponde a domini del sistema idrogeologico non intercomunicanti tra loro, almeno a livello degli acquiferi più superficiali, in quanto separati da limiti idrogeologici naturali, i grandi fiumi lombardi, in grado di determinare una separazione della circolazione idrica sotterranea. Inoltre i 5 bacini sono stati suddivisi in zone acquifere omogenee, nel seguito settori, aventi caratteri idrogeologici omogenei. Nella tavola seguente viene anche individuata la delimitazione dei settori in cui sono stati suddivisi i bacini idrogeologici ed è stata riportata anche una mappa delle isolinee di profondità della base dell'orizzonte acquifero superficiale. Da tale rappresentazione risulta evidente quali sono i settori in cui la suddivisione tra l'acquifero più superficiale e l'acquifero tradizionale è continua e evidente e per i quali può essere affrontata una gestione separata dei due acquiferi, mantenendo il più superficiale meno protetto ad usi meno pregiati.

Il sottosuolo del territorio in esame a causa della caratteristica complessa formazione geologica si presenta estremamente complicato, con una fitta alternanza di strati a granulometria diversa, da ghiaioso-sabbiosi ad argillosi, lateralmente discontinui. Questa fitta alternanza di strati permeabili possibili sede di falde acquifere con strati impermeabili di spessore ed estensione variabili non assicura, se non localmente, una delimitazione esatta degli acquiferi; l'acquifero padano viene infatti classicamente descritto in letteratura come un unico sistema multistrato. La presenza di numerosi livelli argillosi può comunque essere considerata una costante nel sottosuolo della pianura, tanto che si può ragionevolmente ritenere che vi sia un sicuro isolamento tra falde superficiali, falde intermedie e falde profonde. Le falde superficiali, poste convenzionalmente a profondità inferiori a 50 m, sono in genere freatiche, a pelo libero o semiconfinate. La loro alimentazione avviene per infiltrazione dalla superficie topografica delle acque meteoriche o dei fiumi; questi ultimi hanno infatti creato intorno al loro corso un materasso alluvionale caratterizzato

da una permeabilità estremamente elevata e in cui sono possibili le interazioni con le acque sotterranee. Il livello della falda superficiale è generalmente superiore al livello di base dei corsi d'acqua per cui questi operano una decisa azione drenante sulle acque sotterranee; essendo la provincia di Cremona compresa tra importanti fiumi, quali il Po, l'Adda, il Serio e l'Oglio, è possibile riconoscere, a livello provinciale, delle linee spartiacque che separano i bacini idrogeologici gravitanti su questi fiumi. Negli acquiferi profondi, con profondità maggiori di 150 m, hanno sede invece le falde in pressione con carichi idraulici decisamente elevati. La loro alimentazione può avvenire attraverso il lento flusso dalla fascia pedemontana bergamasca in cui affiorano gli strati interessati, oppure tramite il lento interscambio con le falde intermedie e superficiali attraverso strati semimpermeabili (*acquitard*), oppure ancora per infiltrazione dalle zone in cui lungo la verticale prevalgono sedimenti permeabili, ad esempio in corrispondenza delle fasce fluviali. Le acque profonde hanno perciò un origine antica, con un ricambio estremamente lento e sono in genere utilizzate per l'attingimento di acqua a scopi idropotabili per i vari acquedotti comunali. Le falde intermedie, comprese tra le profondità di 50 e 150 m, possiedono caratteristiche simili a volte alle falde superficiali, presentandosi per lo più semiconfinate, e talvolta alle falde profonde, con pressioni idrauliche estremamente elevate.

Questa possibile diversa caratterizzazione dipende in particolare dalla percentuale, lungo una determinata verticale, degli strati argillosi rispetto a quelli sabbiosi e permeabili. Così in prossimità delle fasce fluviali la percentuale dei sedimenti a tessitura più grossolana è maggiore rispetto agli strati argillosi; lungo queste verticali, specialmente lungo quei fiumi che non hanno subito nel corso del tempo grandi cambiamenti di percorso, risultano perciò molto probabili gli interscambi tra le acque superficiali e quelle delle falde intermedie profonde, come dimostrano tra l'altro le analisi delle facies idrochimiche a varie profondità.

Nelle porzioni di pianura lontane dalle valli fluviali la presenza di livelli argillosi risulta più numerosa ed assicura pertanto un elevato grado di confinamento delle falde profonde. Infine al di sotto di una certa quota, generalmente compresa tra i 300 e i 400 m di profondità, si trovano le acque salmastre e salate intrappolate negli acquiferi dal tempo in cui nella depressione padana vi era un ambiente marino.

L'andamento delle isopiezometriche presenta caratteristiche chiaramente differenti tra falde superficiali e falde profonde. Le isopiezometriche della falda superficiale, comprese in provincia di Cremona tra i 100 ed i 22 m s.l.m., denotano un livello della falda a pochi m di profondità dal piano campagna; dalla geometria di queste linee si evidenzia una generale azione drenante dei fiumi che circondano il territorio provinciale nei confronti della prima falda. In corrispondenza di questi fiumi, che risultano pertanto alimentati dalle acque sotterranee come testimoniato dai fenomeni di risorgenza in alveo, si trovano quindi i principali assi drenanti della falda; in mezzo a questi fiumi si trovano di conseguenza gli assi di spartiacque sotterranei che separano i vari bacini idrogeologici. Un'asse di spartiacque si estende così per tutta la provincia, da Romanengo a Casteldidone, dapprima separando i bacini idrogeologici gravitanti tra i fiumi Serio e Oglio, successivamente quelli tra Adda e Oglio, ed infine quelli tra Po e Oglio. Nell'area compresa tra i fiumi Adda e Serio si trovano invece due linee spartiacque in quanto da Trescore a Chieve si estende un ulteriore asse drenante. Dall'esame della carta isopiezometrica della falda superficiale si possono inoltre riconoscere due settori distinti, uno settentrionale caratterizzato da linee piuttosto ravvicinate, indicanti quindi un elevato gradiente idraulico, intorno al 3-5 per mille, e un settore meridionale in cui le isopiezometriche sono più distanziate, con gradienti inferiori, intorno allo 0,5 per mille. Il contatto tra falda superficiale e superficie topografica comporta una emergenza idrica con il verificarsi del fenomeno delle risorgive spontanee e dei fontanili; la zona dei fontanili si trova generalmente al

passaggio dalla medio-alta alla medio-bassa pianura, ossia al contatto tra sedimenti ghiaioso-sabbiosi permeabili e sedimenti sabbioso-limosi decisamente meno permeabili che ostacolano quindi il naturale flusso verso sud della falda freatica.mLa provincia di Cremona è interessata da questo fenomeno nel settore cremasco, con il limite inferiore della fascia dei fontanili che si estende tra Dovera, Moscazzano, Crema e Genivolta. Le linee isopiezometriche della falda profonda sono comprese tra 102 e 24 m s.l.m., con valori simili a quelli della falda superficiale. La geometria di queste linee isopiezometriche denotano direzioni di flusso non direttamente influenzate dalla presenza dei fiumi superficiali. Non si riscontrano infatti particolari assi drenanti o di spartiacque significativi, o geometrie che riflettono elementi topografici superficiali.

Unica eccezione è l'asse drenante che si trova in corrispondenza della confluenza del Fiume Serio nel Fiume Adda, dove la maggior presenza di sedimenti grossolani anche in profondità comporta probabilmente un notevole richiamo anche delle acque profonde.

Per soggiacenza si intende la distanza della falda freatica dal piano campagna; sotto questo aspetto, è possibile suddividere il territorio provinciale in aree con uguale variazione della profondità della falda, distinguendo aree con soggiacenza inferiore a 1,5 m, compresa tra 1,5 e 3 m, tra 3 e 4,5 m, e maggiore di 4,5 m. Queste aree sono strettamente legate all'andamento planoaltimetrico della pianura e quindi agli elementi geomorfologici e paleogeografici. La soggiacenza minore, inferiore a 1,5 m, si riscontra così nelle depressioni vallive sia attuali che abbandonate, quali le valli fluviali dell'Adda, del Serio, del Moso Cremasco, del Serio Morto, dei Navigli e, ma solamente in parte, dell'Oglio e del Po. In queste ultime due valli infatti compaiono in prevalenza aree con soggiacenza compresa tra 1,5 e 3 m. Altre aree con soggiacenza inferiore a 1,5 m si riscontrano nel settore centrale della provincia, tra Casalbuttano e Vescovato. Aree invece con profondità della falda compresa tra 1,5 e 3 m si estendono nella pianura a nord di Crema, nella fascia nord-sud tra Gallignano e Soresina, tra Casalmorano e Casalbuttano, e in gran parte del settore sud-orientale della provincia. Aree con soggiacenza compresa tra 3 e 4,5 m si riscontrano in genere sul ripiano fondamentale della pianura, in particolare tra la depressione del Moso Cremasco e quella della Valle dell'Adda, nella pianura ad ovest del F. Serio tra Offanengo, Trigolo e Castelleone, in una fascia tra Annicco, Sesto e Cremona, ed infine in una fascia ad est di Cremona che si prolunga verso Torre dè Picenardi. Le aree con soggiacenza superiore a 4,5 sono estremamente rare ed isolate, riscontrandosi per lo più in corrispondenza delle scarpate morfologiche che individuano le depressioni vallive, ad esempio lungo i terrazzi della valle dell'Adda tra Monte Cremasco e Moscazzano, tra le valli fluviali del Fiume Serio e del Serio Morto, lungo la valle del Po tra Spinadesco e Cremona, lungo la valle dell'Oglio tra Soncino e Bordolano, ed infine in corrispondenza del Pianalto di Romanengo.

Considerando la piezometrica e quanto riportato poco sopra, per la zona di interesse si può indicare una soggiacenza nell'ordine dei pochi metri (- 1,5 m ÷ - 3 m di quota da piano campagna).

8 SISMICITÀ DELL'AREA

8.1 INQUADRAMENTO MACROSISMICO

In relazione a quanto contenuto nel D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (poi ripreso in sostanza dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni"), in particolare "ALLEGATO A ALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI: PERICOLOSITÀ SISMICA", in cui si riporta: [Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it/.], si è provveduto all'utilizzo della griglia in rete dell'INGV (Progetto DPC – INGV – S1), all'indirizzo http://esse1-gis.mi.ingv.it/. Dunque, sul reticolo di riferimento, sintetizzato dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Figura 8-1), per l'area d'attenzione si ha un valore di pericolosità di base (a_g) all'interno dell'intervallo 0,075 g ≤ a_g ≤ 0,1 g, al 50° percentile, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero allo 0.0021 come frequenza annuale di superamento ed al corrispondente periodo di ritorno di 475 anni; tali condizioni al contorno rispettano la Zonazione MPS04 dell'INGV.

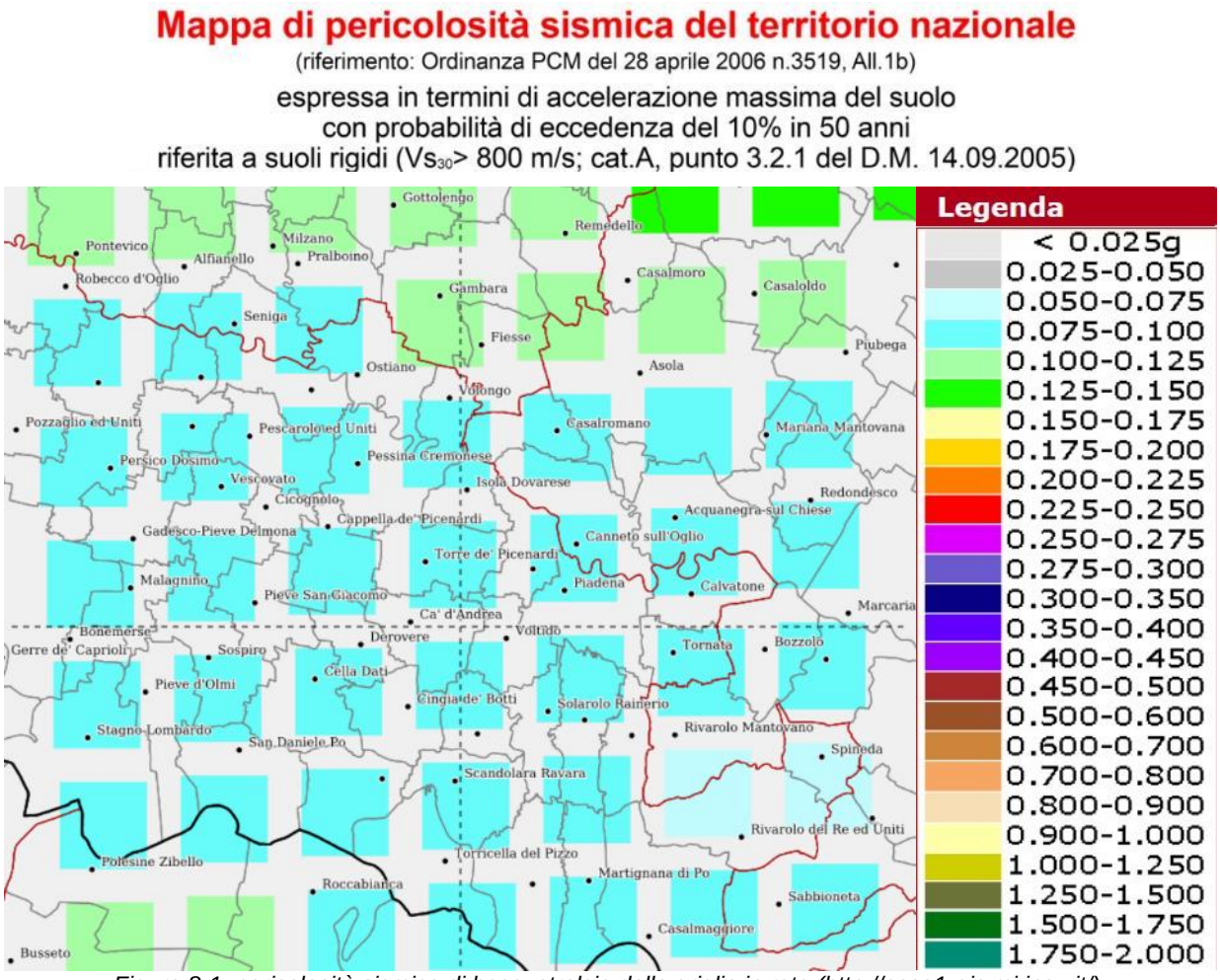


Figura 8-1: pericolosità sismica di base; stralcio dalla griglia in rete (http://esse1-gis.mi.ingv.it/).

In base alla classificazione sismica del territorio della Regione Lombardia di cui alla Delibera regionale 2129 dell'11 luglio 2014, *Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*, ai sensi dell'OPCM 3274 del 20.03.2003, le aree in cui si inserisce il progetto appartengono alla Zona 3 e rientrano complessivamente, per l' OPCM n.3519 del 28_04_06, nel range di accelerazione attesa di 0,05 < a_g ≤ 0,15.

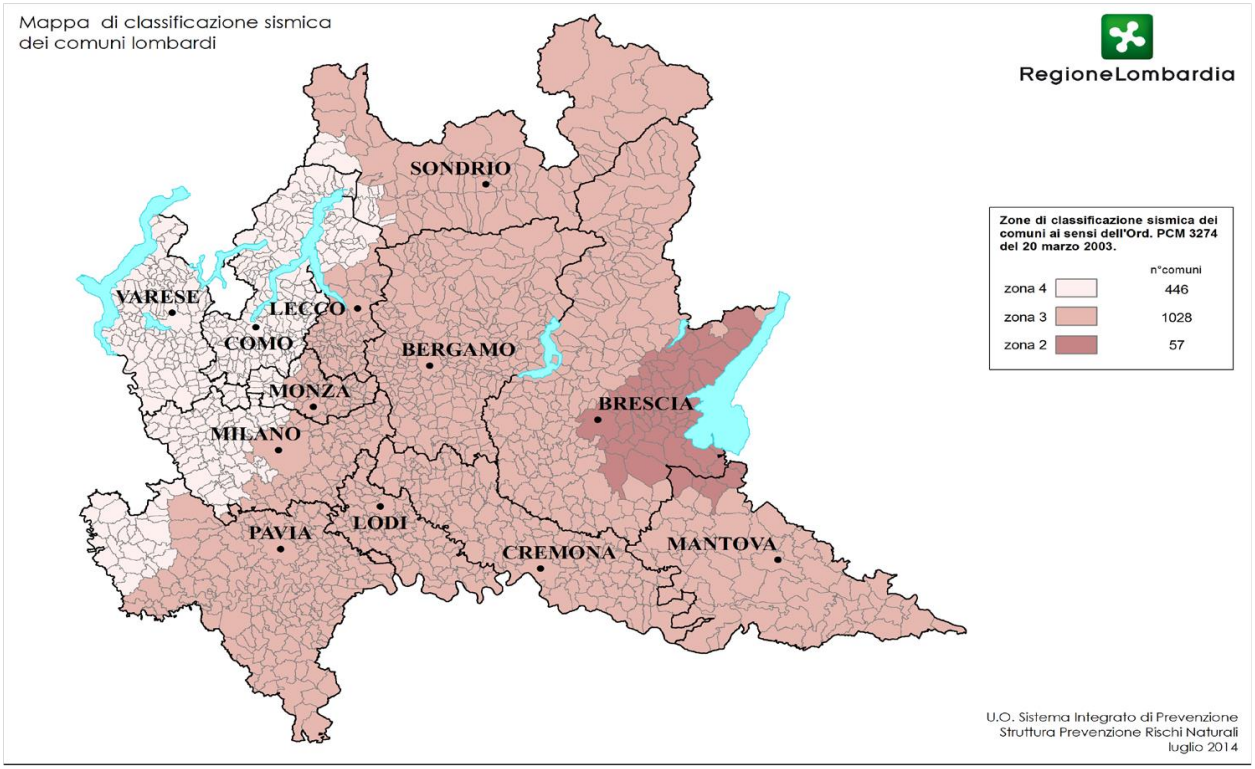


Figura 8-2: classificazione sismica della Regione Lombardia; la Provincia di Cremona rientra in Zona 3.

A scopo cautelativo, la pericolosità sismica di base è pertanto 0,075 g ≤ a_g ≤ 0,15 g.

8.2 MICROZONAZIONE SISMICA

I territori comunali interessati dal progetto sono stati cartografati in termini di microzonazione sismica; una porzione del Comune di Torre de' Picenardi non è stata cartografa: lì il tracciato fa due brevissimi passaggi.

Su base GIS è stata effettuata l'unione delle singole mappe e il risultato è portato all'attenzione in figura seguente (Figura 8-3); in territorio di Torre de' Picenardi, per continuità si possono considerare valide le medesime classificazioni fatte negli ambiti amministrativi immediatamente limitrofi.

Come visibile nell'immagine, il tracciato di progetto attraversa aree caratterizzate da amplificazione dovuta a ragioni litologiche (ciò è in accordo con la presenza di un substrato non rigido bensì caratterizzato da depositi terrosi, piuttosto recenti, mediamente poco addensati e/o consistenti, con Vs30 certamente inferiore agli 800 m/s).

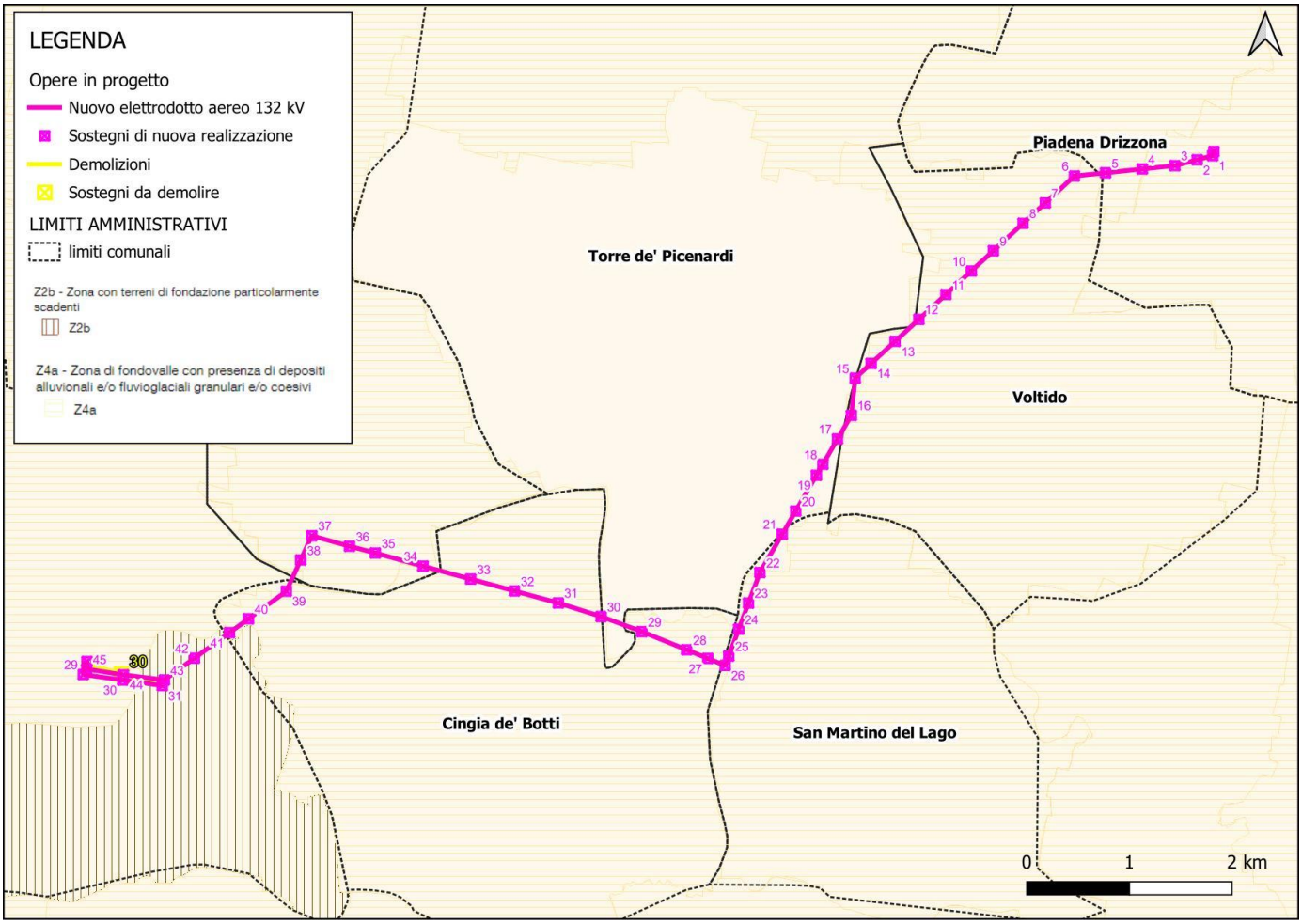


Figura 8-3: mappa della pericolosità sismica locale con il progetto in evidenza.

8.3 FAGLIE E SISMICITA'

All'indirizzo http://www.6aprile.it/featured/2016/10/27/ingv-mappa-interattiva-faglie-italiane.html è presente la mappa interattiva delle faglie attive della Penisola, capaci di generare sismi con intensità minima di 5.5; a seguito della sua consultazione, tenendo conto del dettaglio dato dalla scala, il lineamento attivo più vicino alla zona di progetto è la Faglia Concordia (circa 57,4 km ad est-sud-ést), correlata alla sorgente sismogenica composita Mirandola. Si veda la seguente immagine (Figura 8-4).

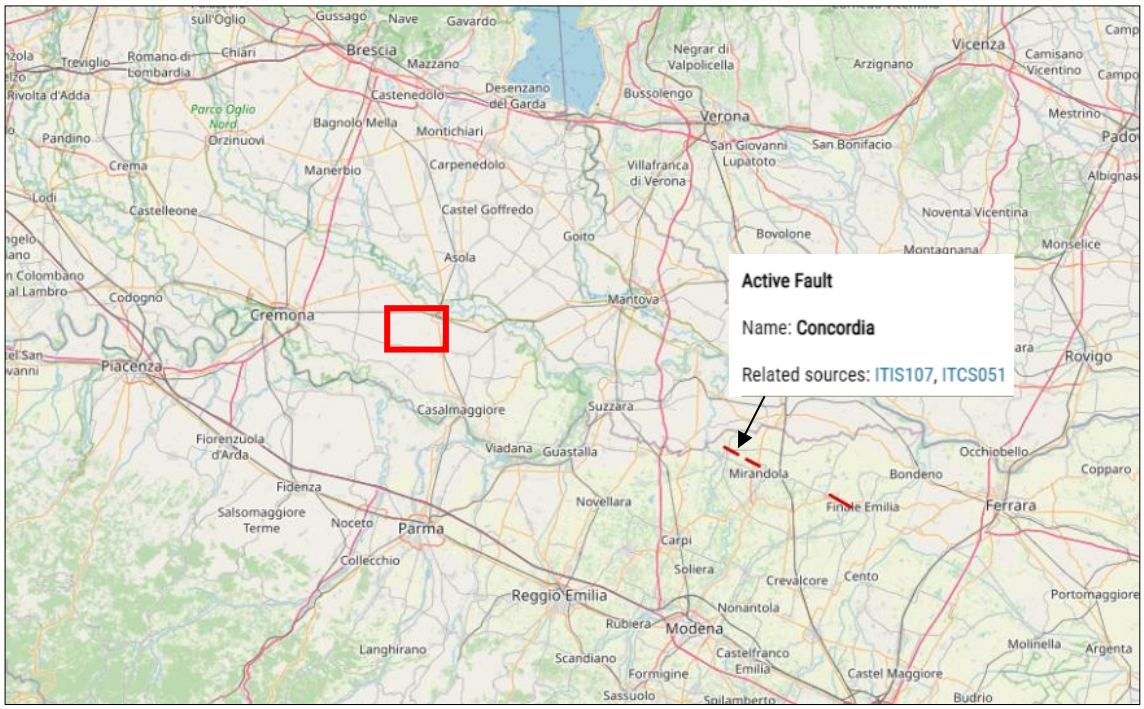


Figura 8-4: nel riquadro in rosso, l'area in cui ricade il progetto.

Il sito dell'INGV riporta che nell'area situata tra il fronte del *Thrust Pede-Appenninico* e i fronti esterni sepolti dell'Appennino Settentrionale è stato documentato un regime tettonico compressivo attivo attraverso varie metodologie. Il meccanismo focale del terremoto del 29 maggio 2012 è stato caratterizzato da fagliazione pura di tipo *thrust* (sovrascorrimento a basso angolo) con piani coniugati orientati coerentemente con l'impatto delle strutture mappate, e un asse P orizzontale orientato N14.

Il fronte di spinta pede-appenninico è tradizionalmente considerato una spinta attiva fuori sequenza della catena dell'Appennino settentrionale, con una traccia continua lungo le pendici appenniniche definita da evidenze geologiche e geomorfiche di attività. Tuttavia, studi recenti hanno proposto che la caratteristica geomorfica delle colline pedeappenniniche non sia l'espressione di una faglia continua e superficiale. Secondo questa visione, la maggior parte della deformazione regionale verrebbe assorbita da una profonda rampa *blind thrust* responsabile della geomorfologia a larga scala delle colline dell'Appennino settentrionale. L'attività in corso dei fronti di spinta sepolti più esterni dell'Appennino settentrionale nella pianura, prima del verificarsi della sequenza sismica del 2012, era ancora oggetto di dibattito, probabilmente a causa dell'equilibrio sfavorevole tra attività tettonica (espressa come deformazione verticale dovuta alle crescenti anticlinali) e le velocità di sedimentazione. Una conseguenza diretta è che solo i dati geofisici e geologici del sottosuolo ad alta risoluzione sono in grado di rilevare la crescita più recente delle strutture sepolte.

Un altro processo che maschera l'attività tettonica in corso nella Pianura Padana è la compattazione differenziale dei sedimenti non consolidati, che essendo proporzionale allo spessore dei sedimenti imita i movimenti tettonici verticali indotti dall'attività di spinta (cioè la subsidenza della sinclinale relativa e il sollevamento dell'anticlinale relativa). La geometria di questa sorgente e la sua cinematica sono state caratterizzate da uno studio combinato che come primo

approccio ha utilizzato la modellizzazione delle anomalie di drenaggio e il *backstripping* di dati stratigrafici ad alta risoluzione.

In particolare, l'attività di questa sorgente è stata responsabile dell'attrazione, in area di sinclinale, e della deviazione, attorno all'anticlinale, dei fiumi Secchia e Panaro, i cui paleocorsi mostrano una coerente evoluzione con migrazione verso aree di relativa subsidenza e allontanamento da quella di sollevamento. L'uso di dati stratigrafici ad alta risoluzione ha evidenziato la geometria degli strati di crescita negli strati sintettonici e ha permesso di calcolare i tassi di sollevamento relativi dell'anticlinale crescente durante il tardo Quaternario, ottenendo 0,16 mm/a di tasso di sollevamento relativo per gli ultimi 125 ka.

La geometria e la cinematica di questa Sorgente sono state ulteriormente limitate dopo il verificarsi della sequenza sismica del 2012. Il 20 e 29 maggio 2012 due terremoti e la relativa sequenza di scosse di assestamento hanno colpito la Pianura Padana centrale a circa 40 km a nord di Bologna. Durante la sequenza sismica si è generata un fagliazione compressiva pura dai *blind thrust* dell'Arco Ferrarese occidentale, attivando così un tratto lungo 50 km di questo fronte esterno sepolto dell'Appennino settentrionale. I meccanismi focali degli shock più grandi concordano con la serie di attuali indicatori di stress tettonico che mostrano nell'area uno stress orizzontale massimo orientato circa N-S, vale a dire orientato perpendicolarmente alle principali trend strutturali. La maggior parte della sequenza sismica è stata collocata tra 1 e 12 km di profondità, al di sopra del locale distacco basale del fronte di spinta esterno dell'Appennino settentrionale. Il sollevamento cosismico della superficie terrestre prodotto dalle due scosse principali registrate mediante interferometria SAR è coerente con l'andamento delle anomalie di drenaggio identificate da diversi autori.

Il tasso di attività del *thrust* di Mirandola è stato studiato utilizzando dati geologici dettagliati del sottosuolo che mostrano una geometria della crescita che registra il sollevamento dell'anticlinale durante gli ultimi 0,65 milioni di anni. Dopo la “decompattazione” delle unità clastiche e la modellazione della geometria della sequenza sedimentaria, sono stati ottenuti valori di *slip rate* compresi tra 0,80 e 1,15 mm/anno durante gli ultimi 0,65 Myr (Maesano et al., 2013). Il sollevamento anticlinale cosismico è stato di circa 20 cm e lo scorrimento sul piano di faglia, risultante dall'inversione del set di dati SAR, è stato di circa 30 cm. Un semplice calcolo utilizzando lo scorrimento cosismico e il tasso di scorrimento calcolato per l’intervallo di tempo più recente ha prodotto una stima del tempo di ritorno per terremoti come quello del 2012. All’INGV propongono i seguenti parametri geometrici per la sorgente, che sono stati vincolati dalla modellazione della deformazione superficiale cosismica registrata dal SAR e utilizzando dati sismologici:

- l'impatto viene scelto in base all'impatto locale dell'Arco Ferrarese sepolto vincolato con la modellizzazione dei dati SAR;
- la faglia è inclinata verso Sud, secondo il profilo sismico del sottosuolo; si presume che la pendenza sia correlabile a un sovrascorrimento puro, sulla base di prove sismologiche;
- l'ampiezza lungo la pendenza è ottenuta da profili sismici ed è anche vincolata dalla modellazione delle anomalie di drenaggio;
- la profondità minima e massima sono vincolate dalla geologia del sottosuolo e dalla modellazione SAR;
- la lunghezza è basata su dati geologici, geodetici e sismologici e vincolata dalla modellizzazione delle anomalie di drenaggio.

Questa Sorgente è associata al terremoto del 29 maggio 2012; ad esso non è associabile nessun altro terremoto storico e/o strumentale.

Secondo Michetti et alii (2012), è comunemente accettato che la Pianura Padana sia una zona a rischio sismico basso. Questa tesi è essenzialmente una combinazione di due fattori: 1) il record storico di terremoti, che mostra un numero relativamente piccolo di eventi di magnitudo moderata e soltanto due terremoti significativi, che avvennero nel Medioevo; 2) la mancanza di ricerche ad hoc sulla geologia dei terremoti in quest'area, dal momento che sebbene molti studi avessero posto l'accento sulla tettonica locale del Quaternario, soltanto pochi di loro hanno discusso le prove osservate in termini di rischio sismico. Per contro, i dati presentati nel loro lavoro suggeriscono fortemente che il livello di rischio da terremoti nella Pianura Padana sia paragonabile a quello di aree sismiche ben note nella catena appenninica, almeno in termini di magnitudo massime. Infatti, l'alta densità di popolazione e la concentrazione di impianti industriali fanno oggi della Pianura Padana una delle aree a più alto rischio del territorio italiano. Recentemente, studi sulla recente tettonica attiva sono stati condotti lungo i margini della Pianura Padana verso Sud, lungo la fascia appenninica pedemontana settentrionale, e verso nord-est, lungo la fascia alpina pedemontana meridionale. Comunque, nei settori centrale e occidentale della Pianura Padana, dove il fronte sud-occidentale alpino vergente verso Sud si collega agli archi di Monferrato, Emilia e Ferrara con vergenza a Nord, la storia quaternaria della deformazione tettonica e fagliazione sono ancora relativamente poco conosciute. Deformazione tettonica e fagliazione giacciono al di sotto della superficie alluvionale, relativamente piatta, del Fiume Po, e forniscono evidenza di paleosismicità e il risultante rischio sismico.

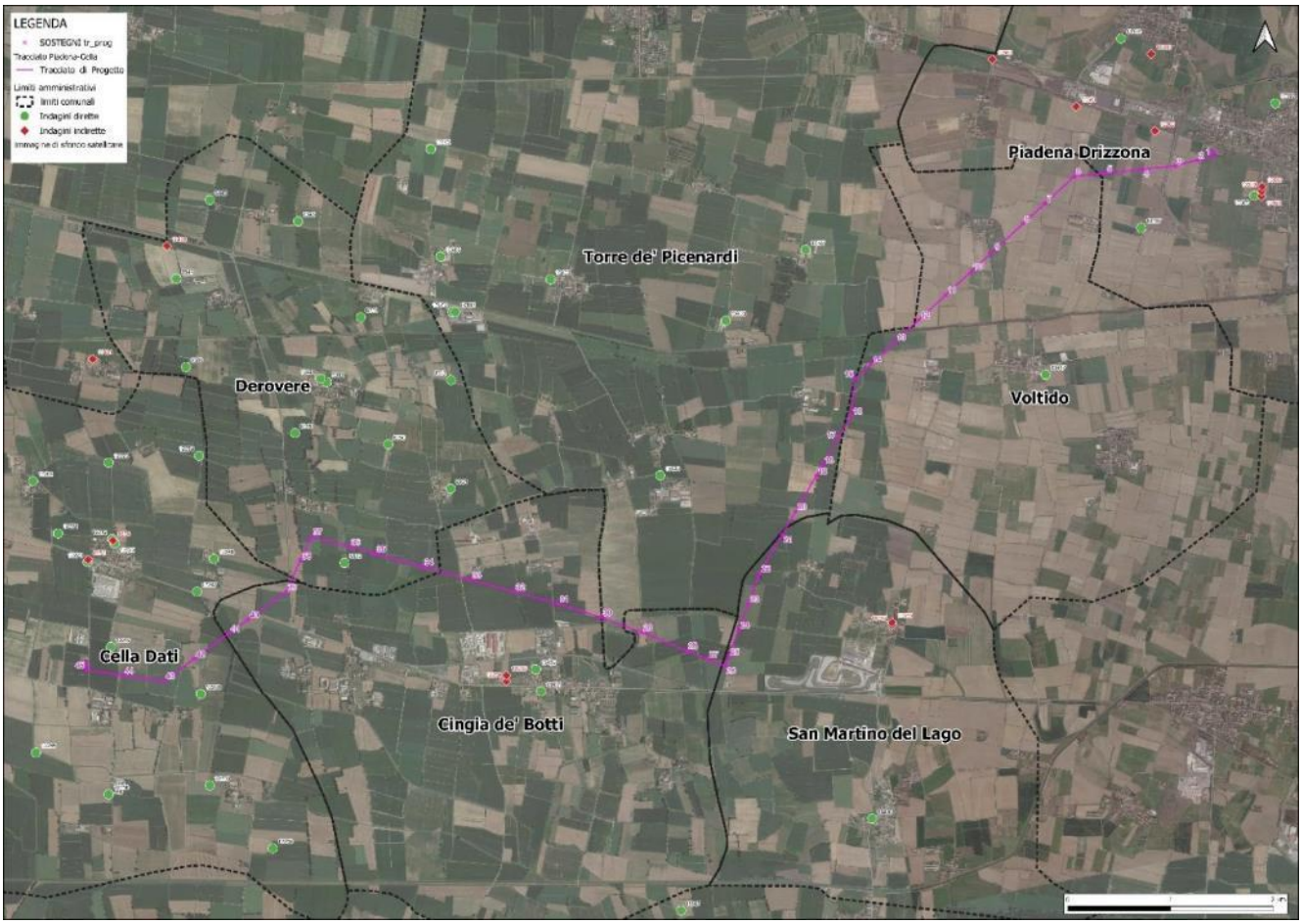
9 MODELLO GEOLOGICO PRELIMINARE

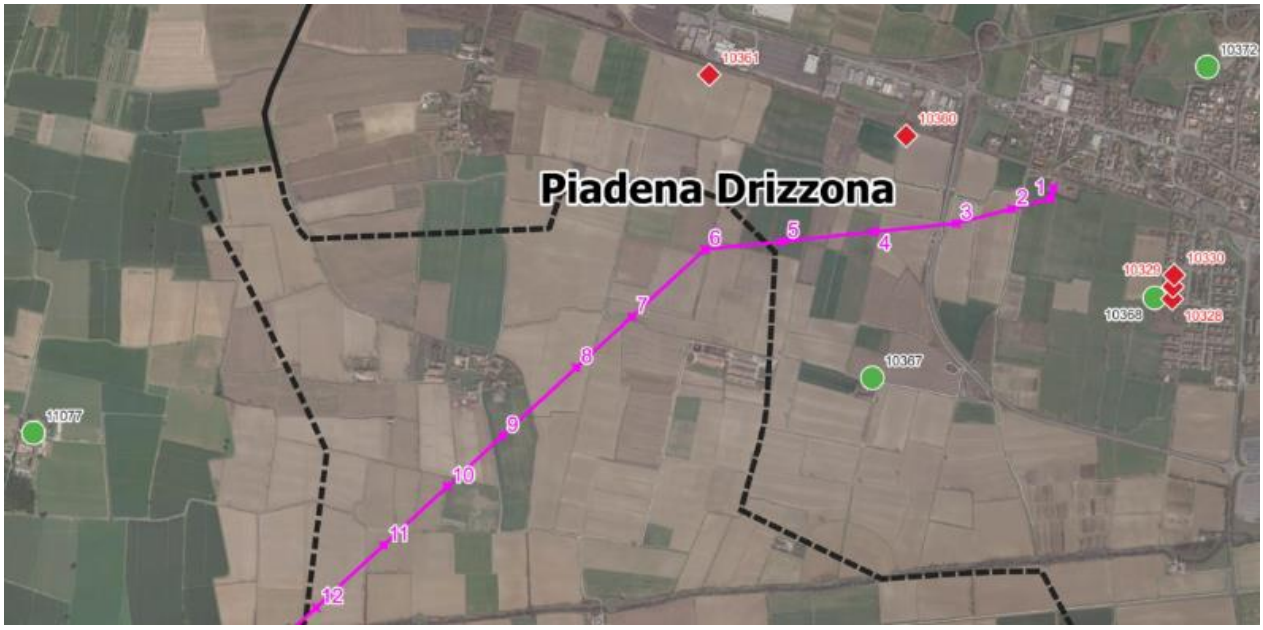
9.1 INDAGINI DISPONIBILI

Dalla ricerca effettuata sono state individuate svariate indagini geognostiche nel territorio che accoglierà il tracciato (fonte https://www.geoportale.regione.lombardia.it/). Per ragioni di prossimità, vengono considerate e analizzate le seguenti:

- 11 sondaggi geognostici, partendo da Piadena Drizzona e seguendo l'andamento della linea verso Cella Dati: 10372, 10368, 10367, 10403, 13449, 13432, 8352, 12248, 12267, 12266, 12257.
- 7 prove penetrometriche, partendo da Piadena Drizzona e seguendo l'andamento della linea verso Cella Dati: 10329, 10360, 10357, 12234, 12235, 8376, 8375.

L'ubicazione di punti è riportata in Figura 9-1 (planimetria generale e ingrandimenti).




Piadena Drizzona
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
10361
10360
10372
10329
10330
10358
10328
10367
11077

Voltido
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
29
30
10493
13447
13449
10357
10358

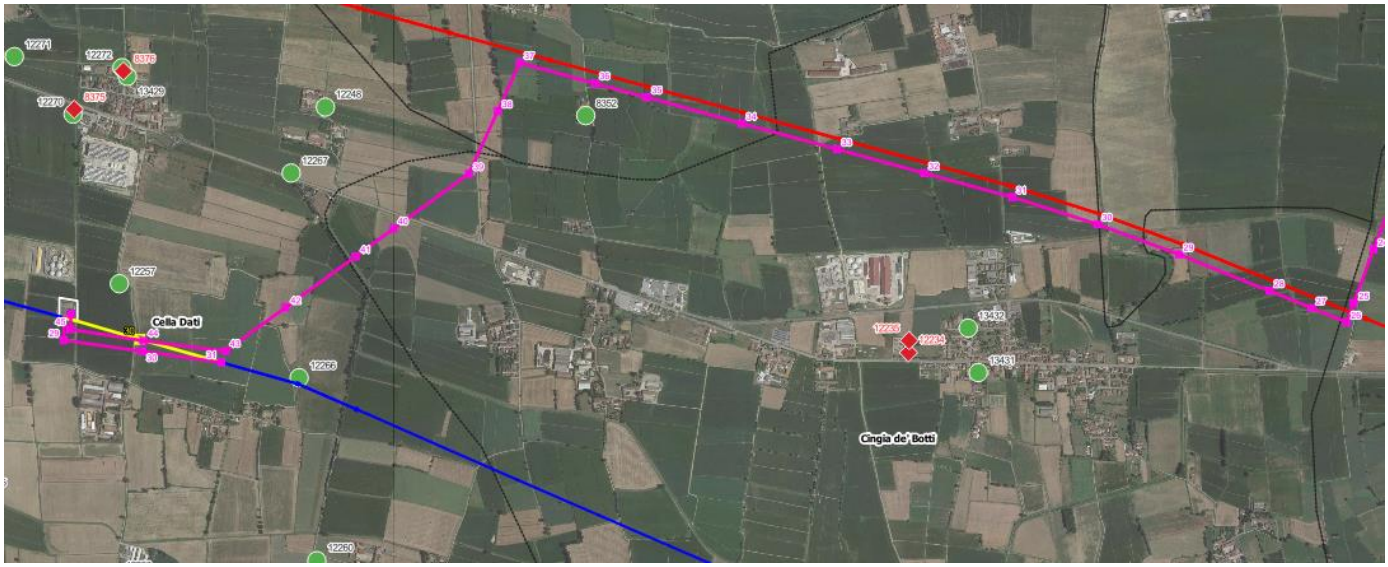


Figura 9-1: ubicazione delle indagini su planimetria generale e ingrandimenti fuori scala.

In Tabella 9.1 è riassunta la sintesi delle stratigrafie dei diversi sondaggi; alcuni di essi hanno raggiunto profondità molto più elevate di quella che può essere la quota di influenza delle fondazioni dei tralicci, per cui le analisi si sono limitate ai primi 40 m di profondità in ogni caso.

Sondaggio	Intervallo profondità (m da p.c.)	Descrizione litologica	Falda (m da p.c.)
10372	0,0 – 1,1	Terreno vegetale e riporto antropico	ND
	1,1 – 1,8	Argilla consistente plastica di colore grigio-azzurro (presenza sporadica di gasteropodi)	
	1,8 – 2,3	Sabbia fine limosa di colore grigio-azzurro	
10368	0,0 – 0,3	Terreno vegetale	ND
	0,3 – 1,9	Limo molto consistente poco plastico con sabbia molto fine di colore nocciola	
10367	0,0 – 0,4	Terreno vegetale	ND
	0,4 – 2,1	Limo con argilla consistente poco plastica di colore nocciola	
10403	0,0 – 5,0	Sabbie limose	ND
	5,0 – 15,0	Argilla limosa	
	15,0 – 35,0	Limi argilloso-sabbiosi	
	35,0 – 40,0	Sabbie medio grossolane	
13449	0,0 – 10,0	Argilla	ND
	10,0 – 40,0	Sabbia	
13432	0,0 – 3,5	Terreno vegetale	ND
	3,5 – 9,5	Argilla gialla passante a sottostante argilla cenere a circa 5 metri di profondità	
	9,5 – 18,0	Sabbia grigia molto fine	

	18,0 – 22,5	Sabbia media con poca ghiaia	
	22,5 – 30,0	Sabbia fine; è presente un intervallo argilloso tra -25 e -27 metri di profondità da piano campagna	
	30,0 – 40,0	Sabbia media e ghiaietto che aumenta verso il basso	
8352	0,0 – 0,4	Terreno di riporto	ND
	0,4 – 1,4	Limo debolmente argilloso consistente, poco plastico, di colore nocciola	
	1,4 – 3,0	Limi e sabbie fini di colore grigio	
12248	0,0 – 15,0	Sabbia fine con limo ed argilla poco consistente	ND
	15,0 – 40,0	Sabbia media e fine con limo	
12267	0,0 – 1,4	Terreno vegetale e riporto antropico	- 2
	1,4 – 2,0	Limo argilloso	
	2,0 – 2,9	Sabbia fine bagnata	
	2,9 – 3,5	Limo argilloso grigio con livelli di ossidazione rossastri	
12266	0,0 – 0,3	Terreno vegetale limo-sabbioso	ND
	0,3 – 0,7	Argilla marrone scura	
	0,7 – 1,1	Argilla limosa color nocciola	
	1,1 – 2,6	Sabbia fine e media	
12257	0,0 – 0,7	Terreno vegetale e riporto antropico	- 1
	0,7 – 3,6	Argille, limi e sabbie variamente miscelati	

Tabella 9.1: stratigrafie dei sondaggi.

Nelle figure successive si riportano i risultati delle prove penetrometriche.

Dott. Geologo Fulvio Baraldi - Geologia Applicata
Via Tito Speri n. 27, 46100 Mantova
telefono: 0376-327306; fax: 0376-226351

Certificato: 17-98

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 2
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

3.010496-040

- committente: COOP. CASA
- lavoro: CASE A SCHIERA
- località: PIADENA (CR)
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:

- data prova : 01/07/1998
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 4,50 m da quota inizio
- data emiss. : 03/07/2014

prf m	LP -	LL -	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -	prf m	LP -	LL -	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -
0,20	----	----	--	------	----	5,20	28,0	40,0	56,0	1,60	35,0
0,40	20,0	30,0	40,0	1,33	30,0	5,40	22,0	34,0	44,0	1,60	27,0
0,60	15,0	23,0	30,0	1,07	28,0	5,60	18,0	33,0	36,0	2,00	18,0
0,80	10,0	20,0	20,0	1,33	15,0	5,80	16,0	30,0	32,0	1,87	17,0
1,00	18,0	24,0	36,0	0,80	45,0	**6,00**	20,0	30,0	40,0	1,33	30,0
1,20	32,0	45,0	64,0	1,73	37,0	6,20	12,0	26,0	24,0	1,87	13,0
1,40	40,0	55,0	80,0	2,00	40,0	6,40	11,0	16,0	22,0	0,67	33,0
1,60	40,0	60,0	80,0	2,67	30,0	6,60	12,0	18,0	24,0	0,80	30,0
1,80	35,0	55,0	70,0	2,67	26,0	6,80	16,0	20,0	32,0	0,53	60,0
2,00	30,0	50,0	60,0	2,67	22,0	**7,00**	15,0	20,0	30,0	0,67	45,0
2,20	25,0	40,0	50,0	2,00	25,0	7,20	25,0	31,0	50,0	0,80	62,0
2,40	20,0	28,0	40,0	1,07	37,0	7,40	45,0	56,0	90,0	1,47	61,0
2,60	20,0	28,0	40,0	1,07	37,0	7,60	45,0	55,0	90,0	1,33	67,0
2,80	25,0	33,0	50,0	1,07	47,0	7,80	45,0	60,0	90,0	2,00	45,0
3,00	30,0	40,0	60,0	1,33	45,0	**8,00**	35,0	47,0	70,0	1,60	44,0
3,20	35,0	43,0	70,0	1,07	66,0	8,20	25,0	35,0	50,0	1,33	37,0
3,40	40,0	50,0	80,0	1,33	60,0	8,40	13,0	20,0	26,0	0,93	28,0
3,60	42,0	52,0	84,0	1,33	63,0	8,60	45,0	53,0	90,0	1,07	84,0
3,80	32,0	44,0	64,0	1,60	40,0	8,80	25,0	31,0	50,0	0,80	62,0
4,00	30,0	45,0	60,0	2,00	30,0	**9,00**	20,0	33,0	40,0	1,73	23,0
4,20	32,0	48,0	64,0	2,13	30,0	9,20	12,0	22,0	24,0	1,33	18,0
4,40	20,0	35,0	40,0	2,00	20,0	9,40	8,0	18,0	16,0	1,33	12,0
4,60	22,0	32,0	44,0	1,33	33,0	9,60	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0
4,80	25,0	38,0	50,0	1,73	29,0	9,80	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0
5,00	35,0	45,0	70,0	1,33	52,0	**10,00**	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0

- PENETROMETRO STATICO tipo da 10 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

Indagini Geologiche, Sondaggi, Prove Penetrometriche.

Dott. Geologo Fulvio Baraldi - Geologia Applicata
Via Tito Speri n. 27, 46100 Mantova
telefono: 0376-327306; fax: 0376-226351

Certificato: 17-98

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

3.010496-040

- committente:	COOP. CASA	- data prova :	01/07/1998
- lavoro:	CASE A SCHIERA	- quota inizio :	Piano Campagna
- località:	PIADENA (CR)	- prof. falda :	4,50 m da quota inizio
- resp. cantiere:		- scala vert.:	1 : 100
- assist. cantiere:		- data emiss. :	03/07/2014

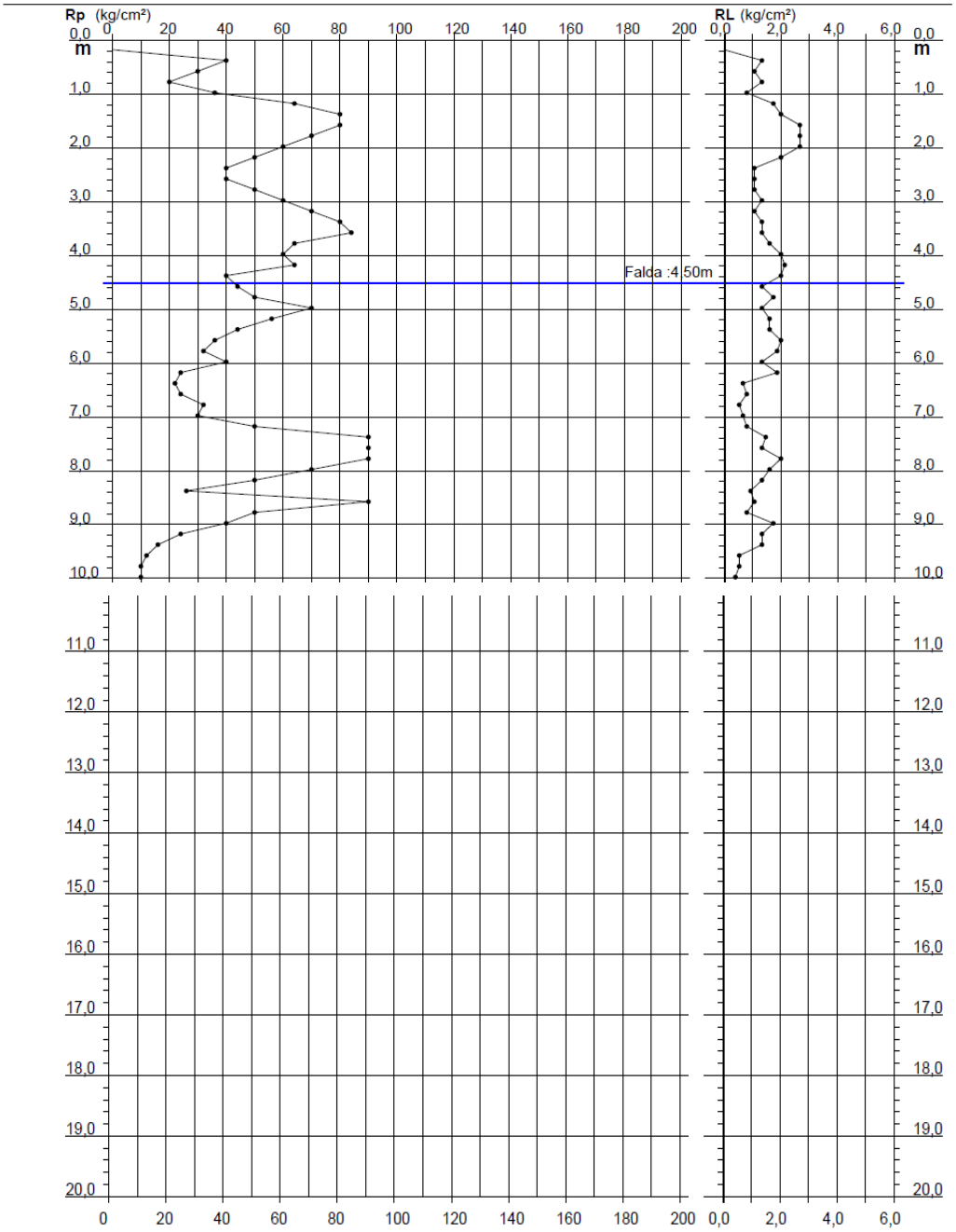


Figura 9-2: grafici della CPT identificata 10329.

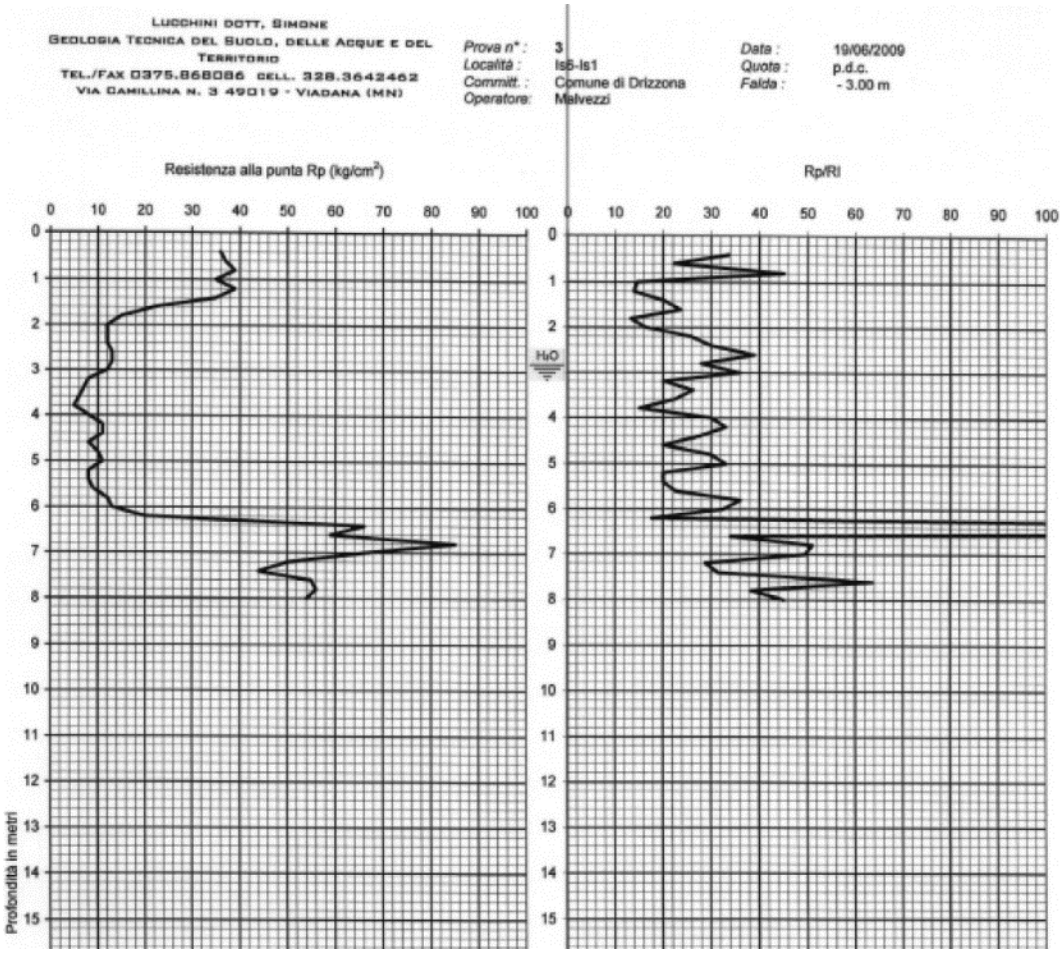


Figura 9-3: grafico della CPT identificata 10360.

Località: Cà de' Soresini
Prova C.P.T.: 3
Data: 26/11/2000
Quota: p.c.

Profondità (-m da p.c.)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	FR (%)	Litologia
0,20				
0,40				
0,60	8	0,47	5,8	Argilla
0,80	25	0,40	1,6	Sabbia
1,00	40	1,27	3,2	Limo
1,20	50	2,67	5,3	Argilla
1,40	45	2,20	4,9	Argilla
1,60	41	3,27	8,0	Argilla organica
1,80	42	2,40	5,7	Argilla
2,00	53	1,73	3,3	Limo
2,20	46	2,00	4,3	Argilla
2,40	64	2,00	3,1	Limo
2,60	45	1,93	4,3	Argilla
2,80	20	2,27	11,3	Argilla organica
3,00	37	1,13	3,1	Limo

3,00	37	1,13	3,1	Limo
3,20	55	0,93	1,7	Sabbia limosa
3,40	49	0,87	1,8	Sabbia limosa
3,60	43	1,00	2,3	Limo
3,80	45	0,87	1,9	Sabbia limosa
4,00	49	0,87	1,8	Sabbia limosa
4,20	37	0,87	2,3	Limo
4,40	43	0,87	2,0	Sabbia limosa
4,60	29	1,13	3,9	Argilla limosa
4,80	57	0,73	1,3	Sabbia
5,00	19	1,20	6,3	Argilla
5,20	32	0,53	1,7	Sabbia limosa
5,40	7	0,87	12,4	Argilla organica
5,60	5	0,47	9,3	Argilla organica
5,80	10	0,53	5,3	Argilla
6,00	20	0,80	4,0	Argilla limosa
6,20	14	1,07	7,6	Argilla organica
6,40	21	0,47	2,2	Limo
6,60	6	0,47	7,8	Argilla organica
6,80	8	0,53	6,7	Argilla organica
7,00	23	0,80	3,5	Argilla limosa
7,20	16	0,60	3,8	Argilla limosa
7,40	18	0,67	3,7	Argilla limosa
7,60	41	0,60	1,5	Sabbia
7,80	45	1,07	2,4	Limo
8,00	41	1,47	3,6	Argilla limosa

Figura 9-4: grafico della CPT identificata 10357.

CPT n°2, da 0.40 m a 11.60 m

Profondità da p.c. in m	Litologia	Litologia (metodo Schmertmann) 1978)
0.20 – 0.40	Copertura sabbiosa limosa	Sabbia
0.40-1.60	Limo sabbioso	Argilla limosa
1.60-2.00	Limo sabbioso	Argilla limosa
2.00-4.00	Sabbia	Sabbia limosa
4.00-4.40	Limo sabbioso	Argilla organica
4.40-4.80	Sabbia limosa	Limo
4.80-5.60	Limo	Argilla limosa
5.60-6.80	Sabbia	Limo
6.80-8.20	Limo	Argilla
8.20-11.60	Sabbia limosa	Sabbia addensata con ghiaia

Figura 9-5: grafico della CPT identificata 12234.

CPT n°1, da 0.20 m a 11.60 m

Profondità da p.c. in m	Litologia[1]	Litologia (metodo Schmertmann) 1978)[2]
0.20-0.80	Copertura limoso sabbiosa	Argilla limosa
0.80-1.20	Sabbia ben addensata	Sabbia
1.20-1.80	Sabbia fine	Argilla organica
1.80-3.40	Sabbia con ghiaietto	Sabbia limosa
3.40-4.60	Sabbia	Limo
4.60-5.60	Limo sabbioso	Argilla
5.60-7.00	Sabbia con ghiaietto	Sabbia limosa
7.00-8.80	Limo sabbioso	Argilla limosa
8.80-11.60	Sabbia addensata con ghiaia	Sabbia limosa

Figura 9-6: grafico della CPT identificata 12235.

1

dott. geol. Marco Daguati

via E. Fermi, 21 - 26842 Caselle Landi (Lo)

tel. e fax.: 0377.69140

Committente:Comune di CELLA DATI

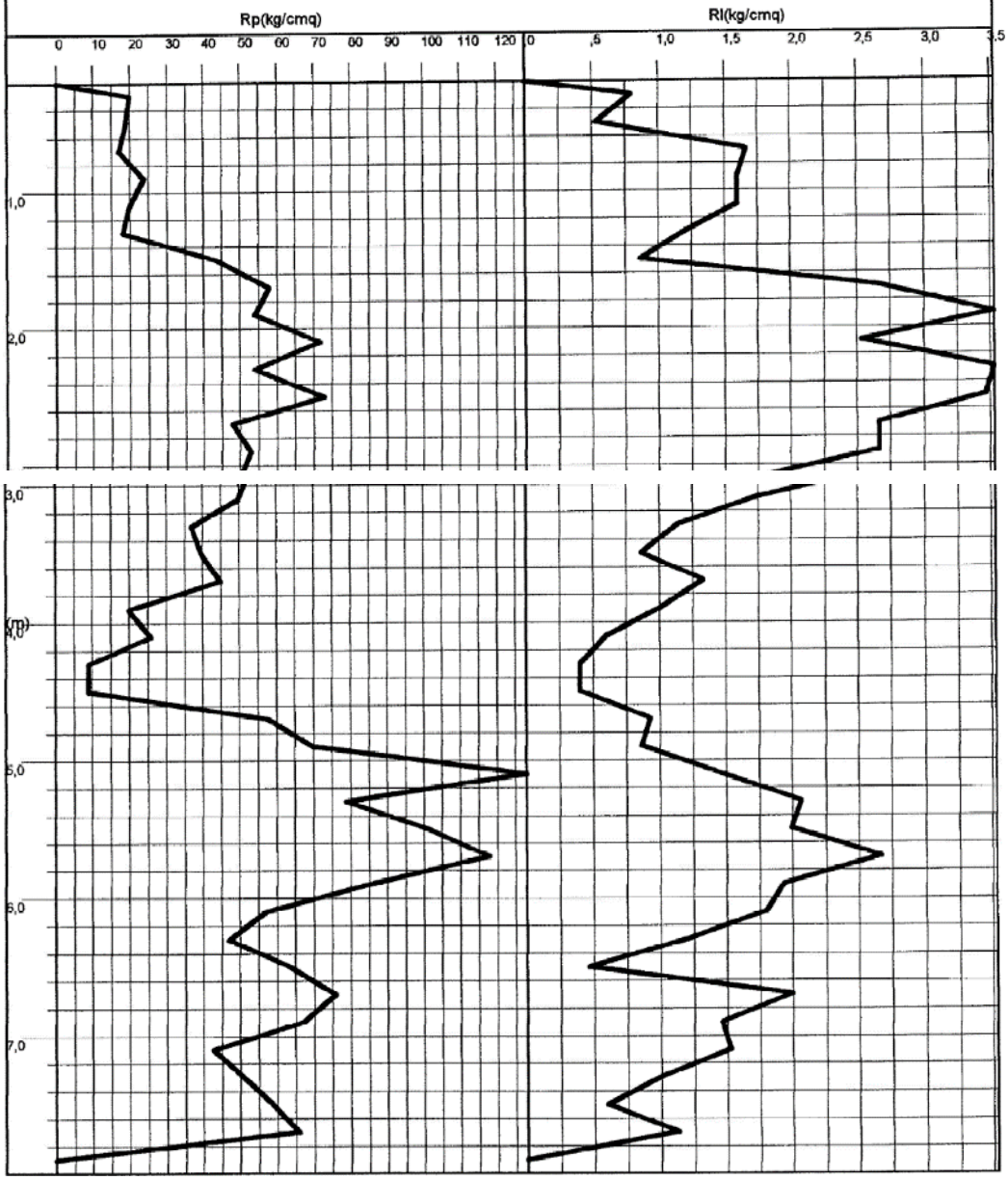
Località:Centro abitato

Data:febbraio 2003

Falda (m): assente

Strumento:Penetrometro statico a punta meccanica (CPT) 10t

Descrizione sito:



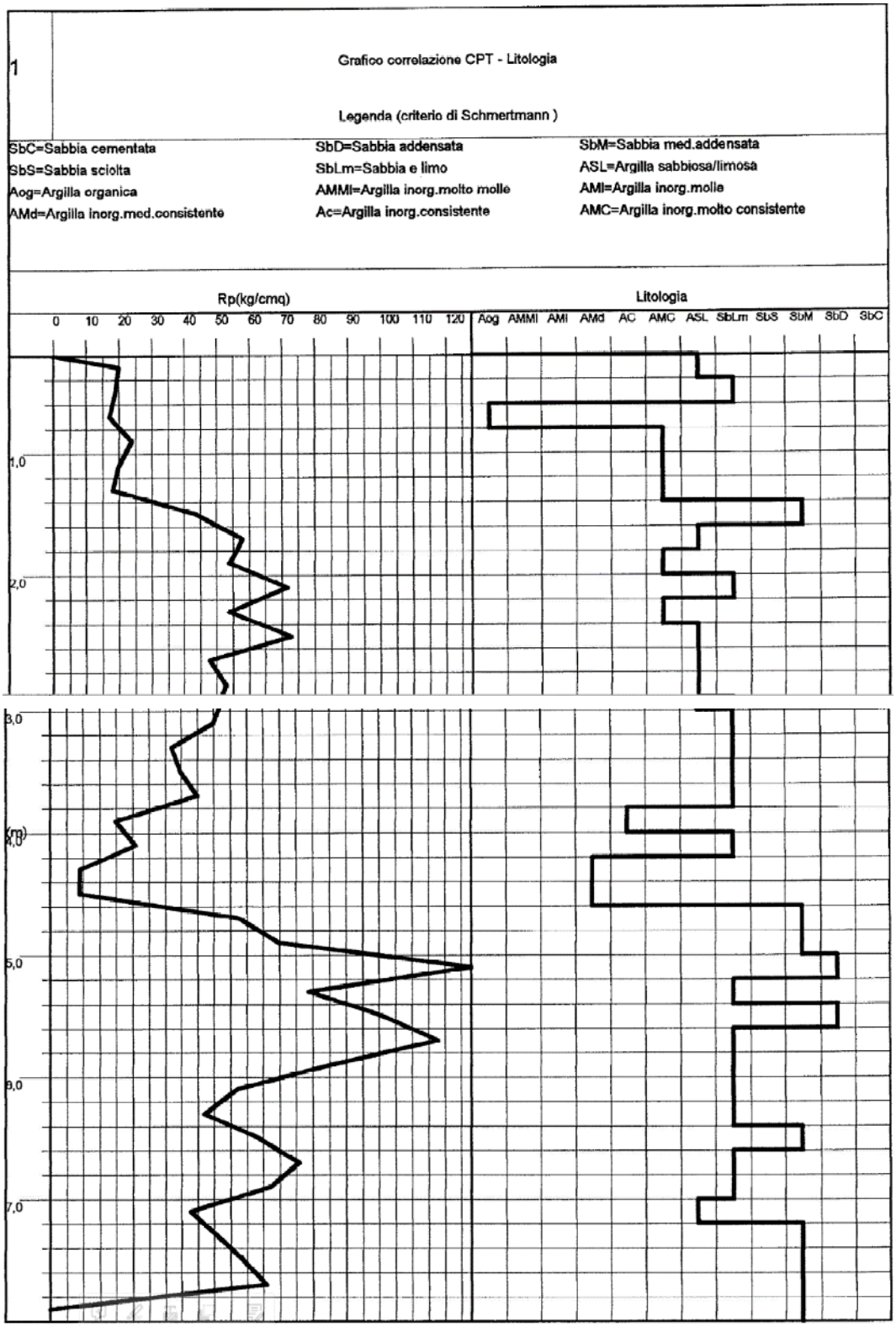
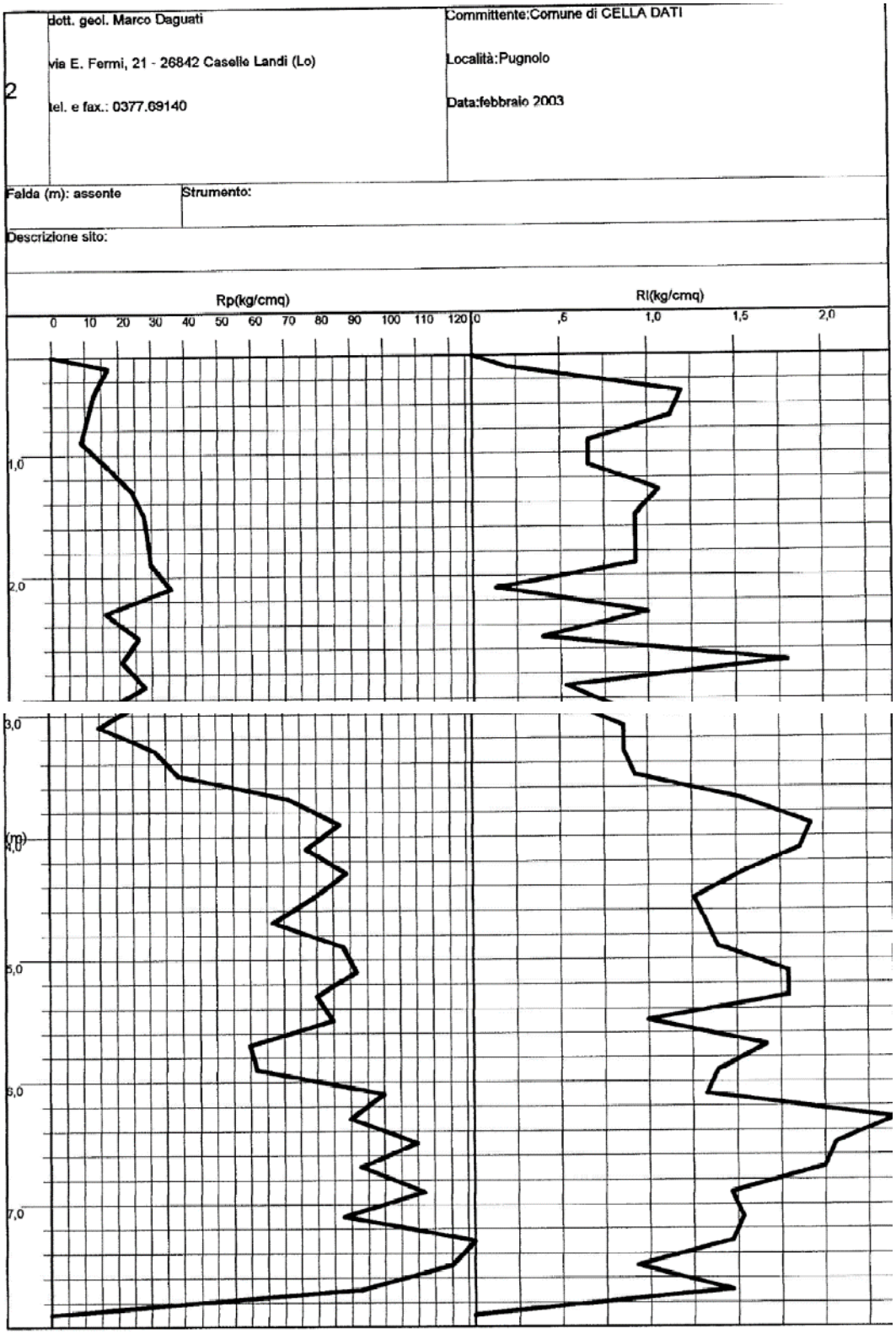


Figura 9-7: grafici della CPT identificata 8376.


2
dott. geol. Marco Daguati
via E. Fermi, 21 - 26842 Caselle Landi (Lo)
tel. e fax.: 0377.69140
Committente:Comune di CELLA DATI
Località:Pugnolo
Data:febbraio 2003
Falda (m): assente
Strumento:
Descrizione sito:
Rp(kg/cmq)
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
Rl(kg/cmq)
0 ,5 1,0 1,5 2,0
1,0
2,0
3,0
(m)
4,0
5,0
6,0
7,0

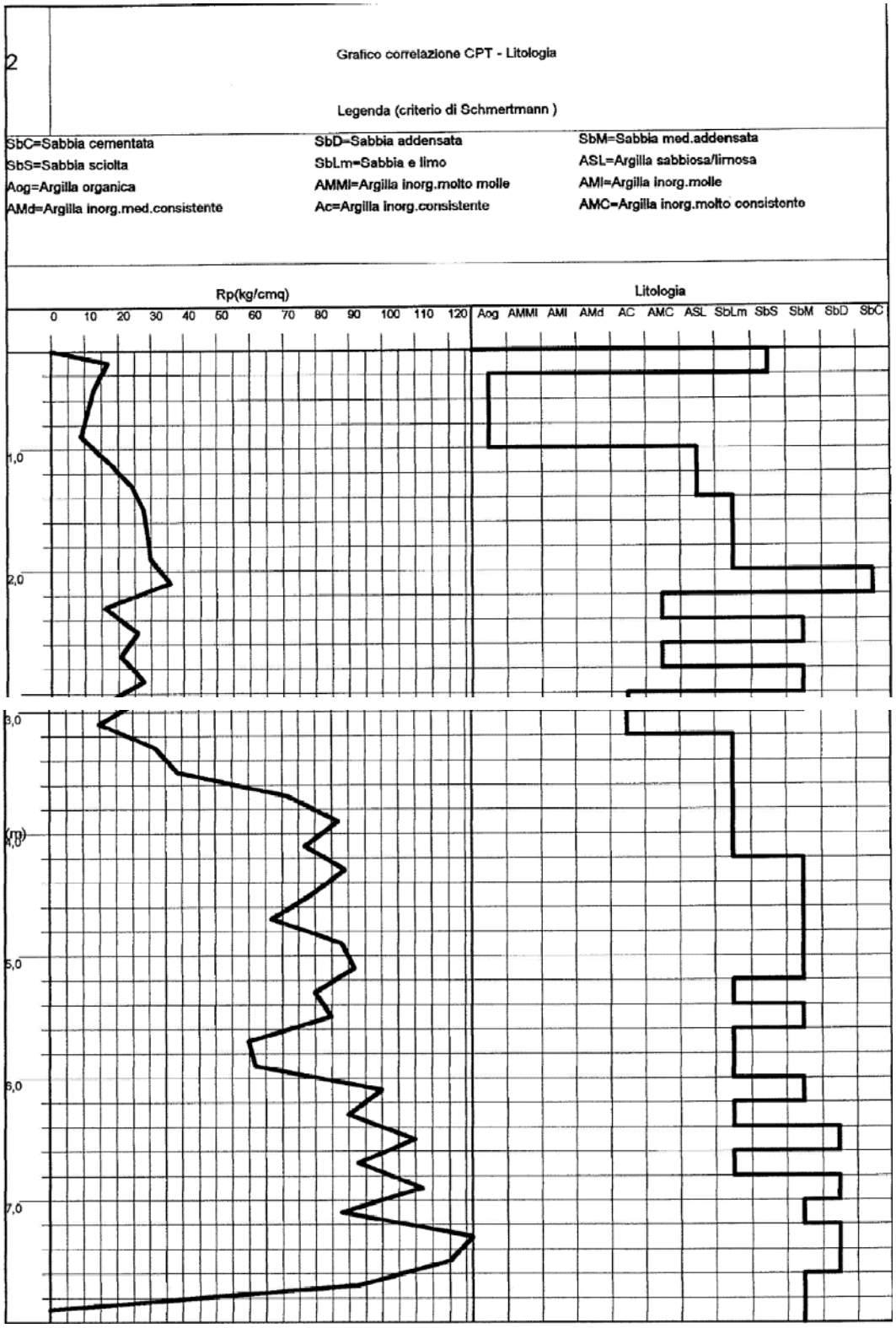


Figura 9-8: grafici della CPT identificata 8375.

9.2 MODELLO LITOLOGICO PRELIMINARE

Dapprima, le informazioni bibliografiche (capitolo 4 del presente elaborato) non corrispondono significativamente a quanto indicato dalle indagini contenute nella banca dati della Regione Lombardia: le prime descrivono la presenza di litologie mediamente "grossolane" o comunque granulari dal comportamento presumibilmente incoerente, con una certa presenza di argille e limi ma subordinati alle sabbie e ghiaie, mentre le indagini (specialmente quelle dirette) propongono un quadro in cui la frazione fine coesiva, argillosa, limosa e sabbiosa fine, è quella dominante, soprattutto nei primi metri di profondità.

Ricostruendo dunque il quadro litostratigrafico, sulla base delle indagini disponibili e consultate nel precedente paragrafo 9.1, è possibile tratteggiare un assetto litostratigrafico di sintesi come di seguito:

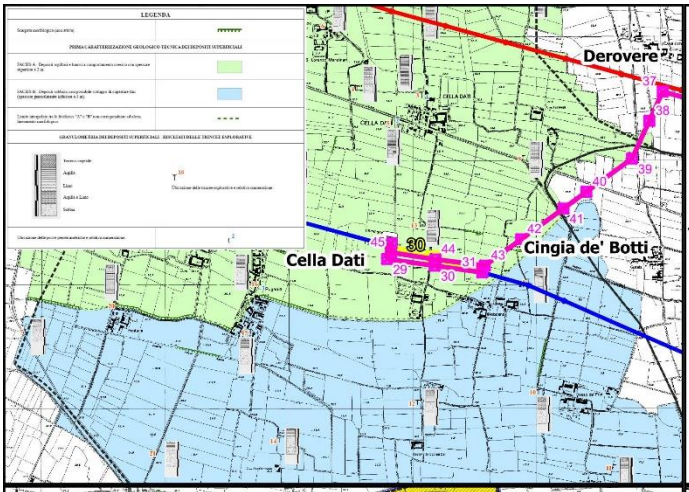
Dal sostegno 1 al sostegno 15			Dal sostegno 15 al sostegno 33			Dal sostegno 33 al sostegno 45		
Quota base (*)	**litologia**	**comportamento**	**Quota base (*)**	**litologia**	**comportamento**	**Quota base (*)**	**litologia**	**comportamento**
0,40	Terreno vegetale	Fine coesivo	1,75	Terreno vegetale	Fine coesivo con intervalli incoerenti	0,80	Terreno vegetale	Fine coesivo
5,00	Argille, limi e sabbie	Fine e granulare coesivo/ incoerente	9,75	Prevalente argilla	Fine coesivo con intervalli incoerenti	15,00	Sabbie, limi e argille	Fine e granulare coesivo/ incoerente
35,00	Argille limose e limi argillosi	Fine coesivo/ incoerente	40,00	Sabbia da molto fine a media con ghiaietto	Granulare incoerente	40	Sabbie e limi	Granulare incoerente
40,00	Sabbie	Granulare incoerente						

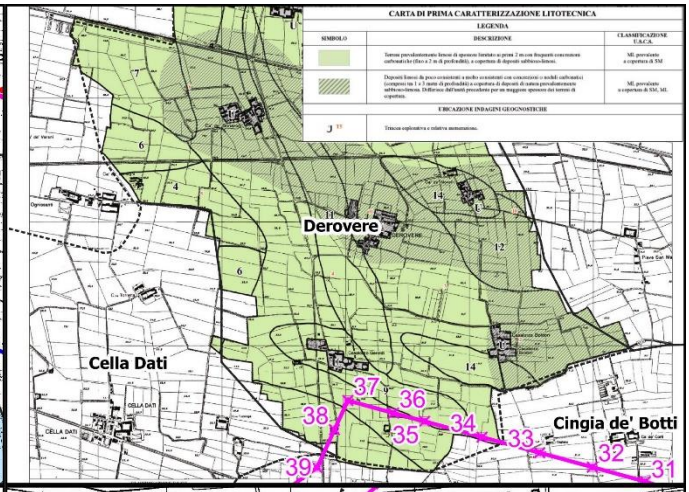
(*) metri di profondità, da piano campagna, della base del deposito

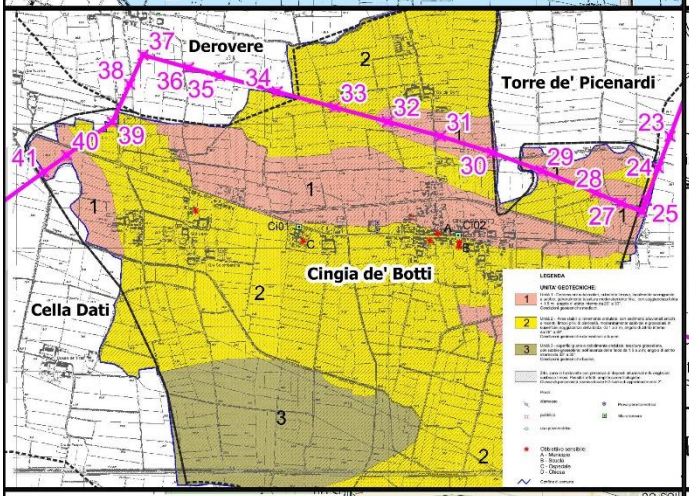
E' importante sottolineare come i cambiamenti litostratigrafici tra le 3 porzioni qui indicate non siano da considerare netti: probabilmente, si hanno in sottosuolo eteropie laterali con passaggi graduali da un tipo di deposito ad un altro.

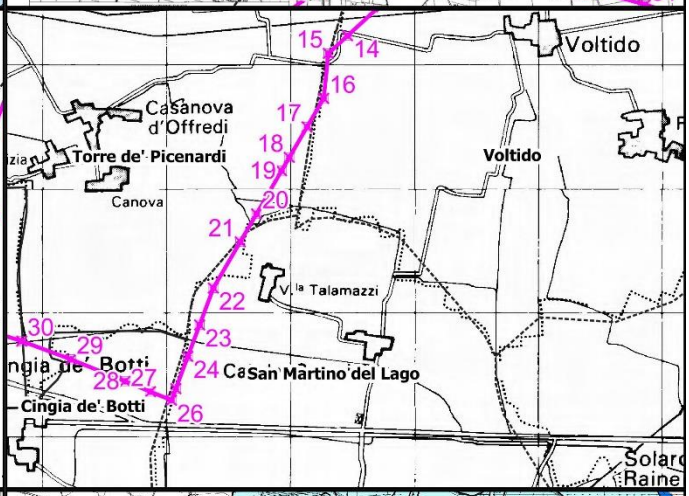
Per quanto riguarda la presenza di acqua, in base a quanto indicato dai sondaggi 12267, 12257 e dalle prove penetrometriche 10329 e 10360, si avrebbe una soggiancenza piuttosto superficiale della falda, vale a dire variabile tra 1 e 4,5 m di profondità.

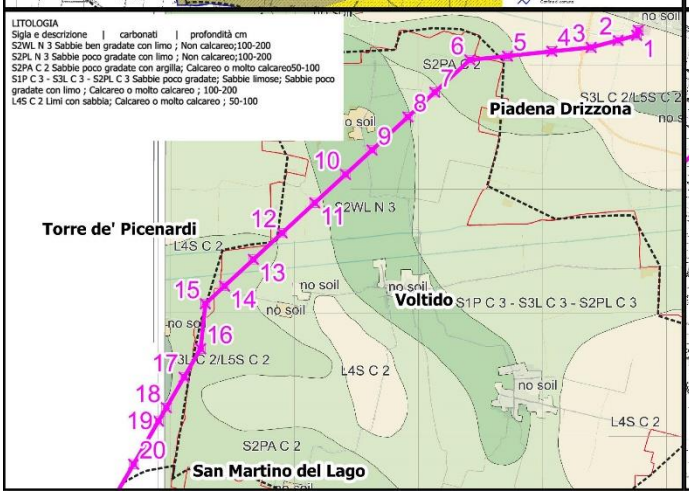
Stante la ricostruzione sopra, basata sulle indagini consultate, si aggiungono di seguito le cartografie sulla componente geologica degli strumenti di pianificazione dei singoli Comuni.

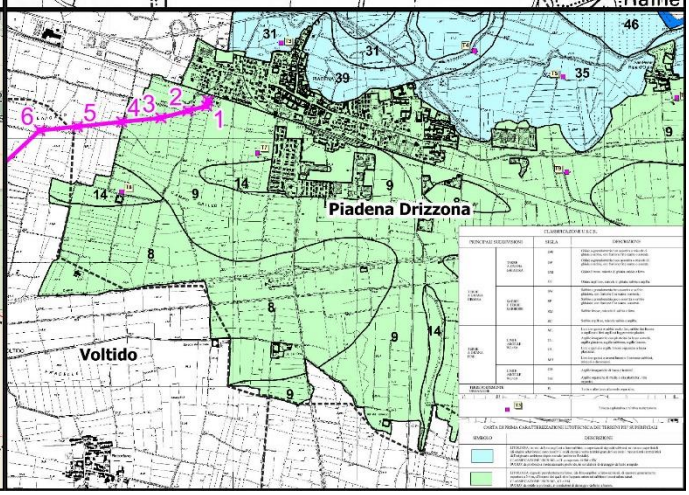

LEGENDA
Derovere
Cella Dati
Cingia de' Botti


CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA
LEGENDA
Derovere
Cella Dati
Cingia de' Botti


Derovere
Torre de' Picenardi
Cingia de' Botti
Cella Dati
LEGENDA
UNITA' GEOTECNICHE:

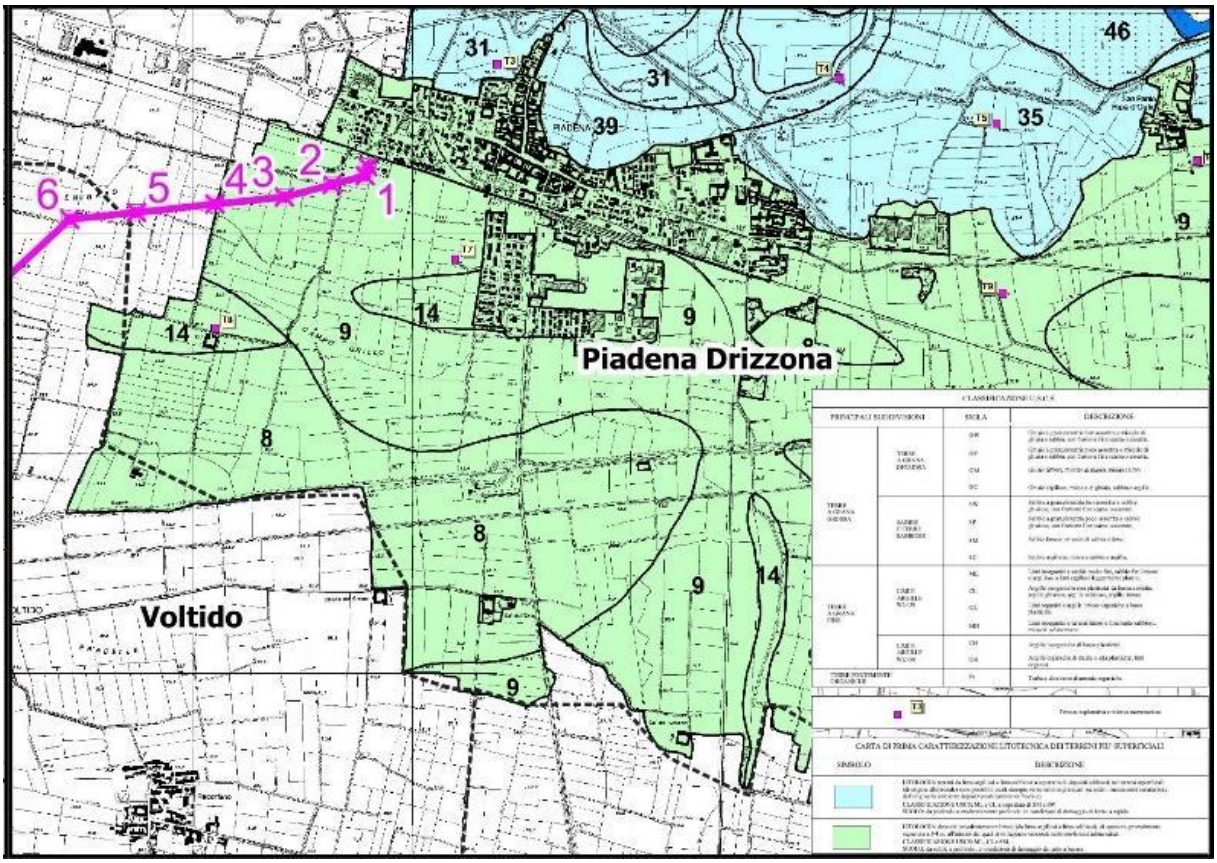

Voltido
Casanova d'Offredi
Torre de' Picenardi
Canova
Voltido
V.la Talamazzi
San Martino del Lago
Cingia de' Botti


LITOLOGIA
Sigla e descrizione | carbonati | profondità cm
S2WL N 3 Sabbie ben gradate con limo ; Non calcareo;100-200
S2PL N 3 Sabbie poco gradate con limo ; Non calcareo;100-200
S2PA C 2 Sabbie poco gradate con argilla; Calcareo o molto calcareo50-100
S1P C 3 - S3L C 3 - S2PL C 3 Sabbie poco gradate; Sabbie limose; Sabbie poco gradate con limo ; Calcareo o molto calcareo ; 100-200
L4S C 2 Limi con sabbia; Calcareo o molto calcareo ; 50-100
Piadena Drizzona
Torre de' Picenardi
Voltido
San Martino del Lago


Piadena Drizzona
Voltido

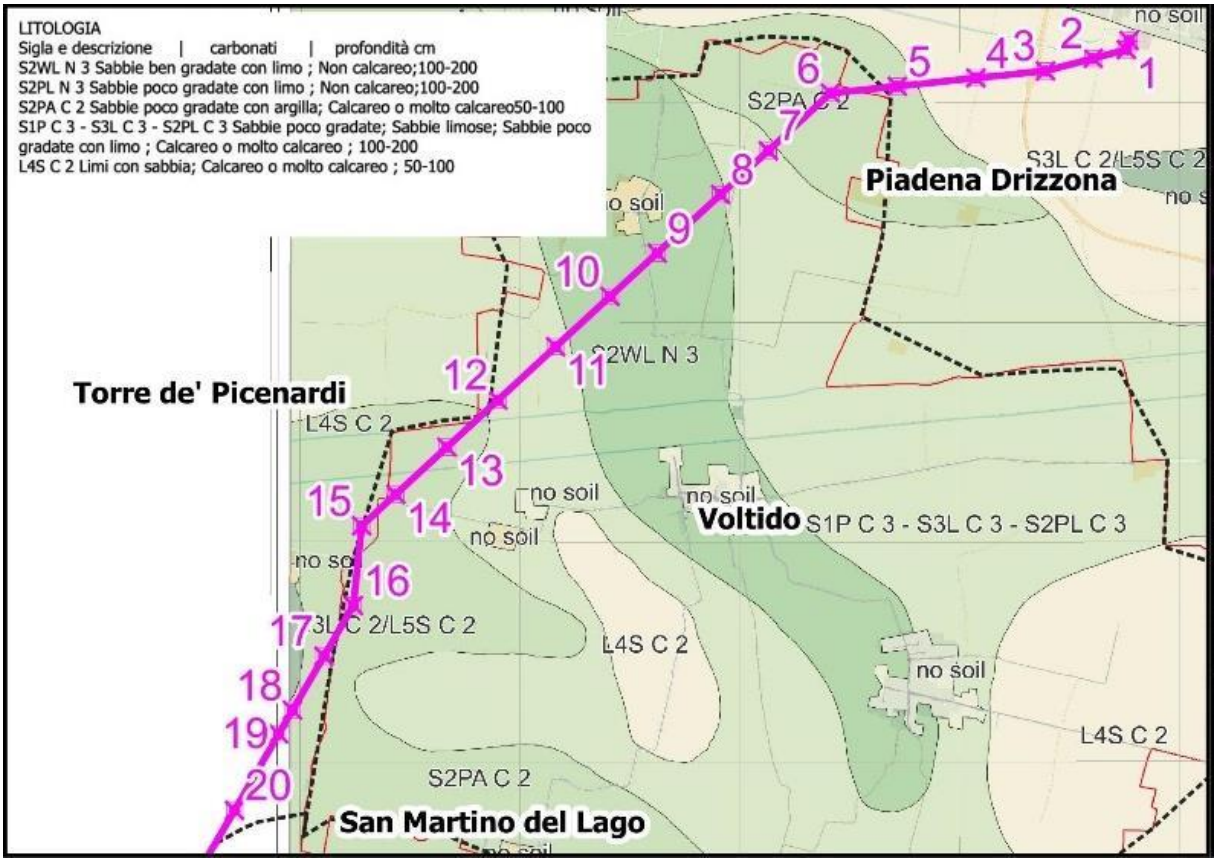
Più in dettaglio, per i singoli Comuni:

Piadena Drizzona

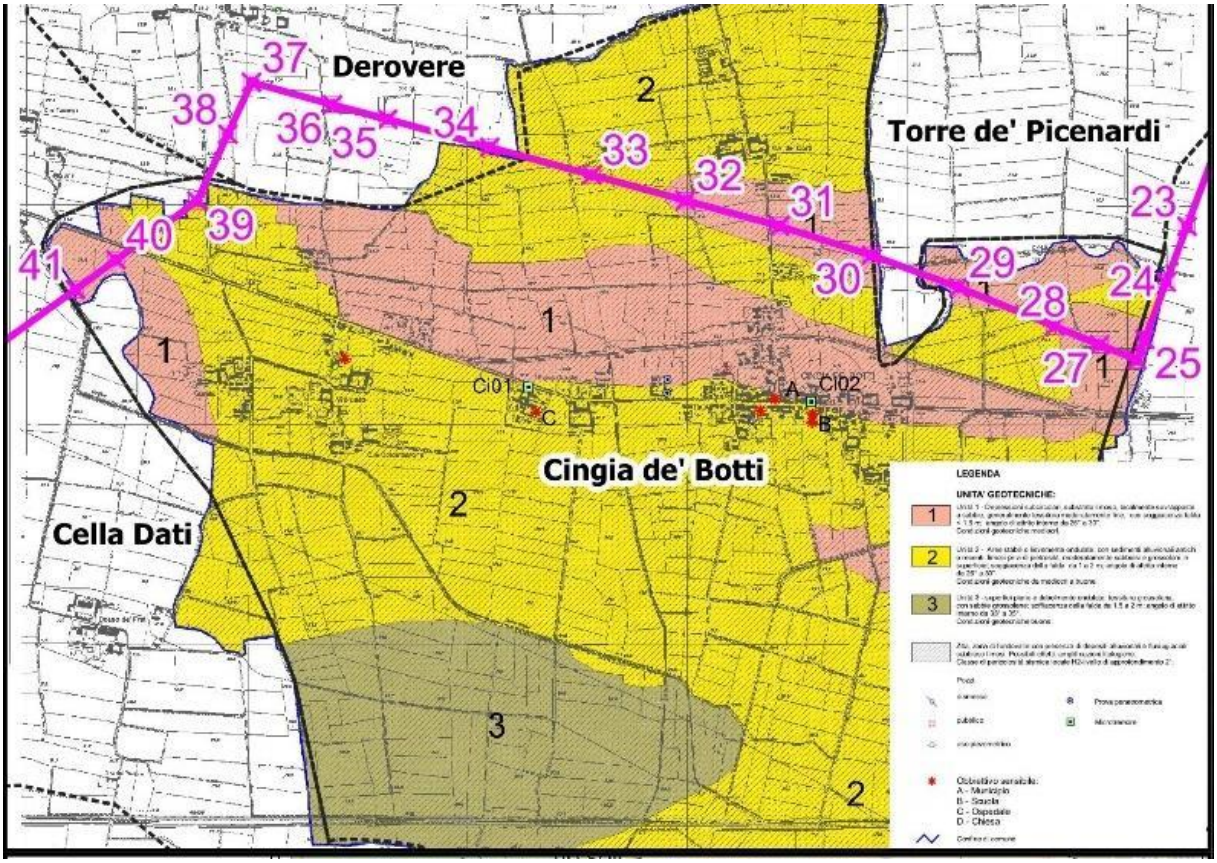


CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEI TERRENI PIU' SUPERFICIALI	
SIMBOLO	DESCRIZIONE
	LITOLOGIA: terreni da limo-argillosi a limo-sabbiosi a copertura di depositi sabbiosi; nei terreni superficiali (di origine alluvionale) sono possibili locali eteropie verso termini granulari secondo i meccanismi caratteristici dell'originario ambiente deposizionale (ambiente fluviale). CLASSIFICAZIONE USCS: ML e CL a copertura di SM e SW SUOLO: da profondo a moderatamente profondo, in condizioni di drenaggio da lento a rapido.
	LITOLOGIA: depositi prevalentemente limosi (da limo-argillosi a limo-sabbiosi), di spessore generalmente superiore a 3-4 m, all'interno dei quali si sviluppano orizzonti sabbioso-limosi talora saturi. CLASSIFICAZIONE USCS: ML, CL e SM. SUOLO: da sottile a profondo, in condizioni di drenaggio da lento a buono.

Voltido


LITOLOGIA
Sigla e descrizione | carbonati | profondità cm
S2WL N 3 Sabbie ben gradate con limo ; Non calcareo;100-200
S2PL N 3 Sabbie poco gradate con limo ; Non calcareo;100-200
S2PA C 2 Sabbie poco gradate con argilla; Calcareo o molto calcareo50-100
S1P C 3 - S3L C 3 - S2PL C 3 Sabbie poco gradate; Sabbie limose; Sabbie poco gradate con limo ; Calcareo o molto calcareo ; 100-200
L4S C 2 Limi con sabbia; Calcareo o molto calcareo ; 50-100
Piadena Drizzona
Torre de' Picenardi
Voltido
San Martino del Lago
S2PA C 2
S3L C 2/L5S C 2
S2WL N 3
L4S C 2
S1P C 3 - S3L C 3 - S2PL C 3
no soil
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Cingia de' Botti



LEGENDA

UNITA' GEOTECNICHE:

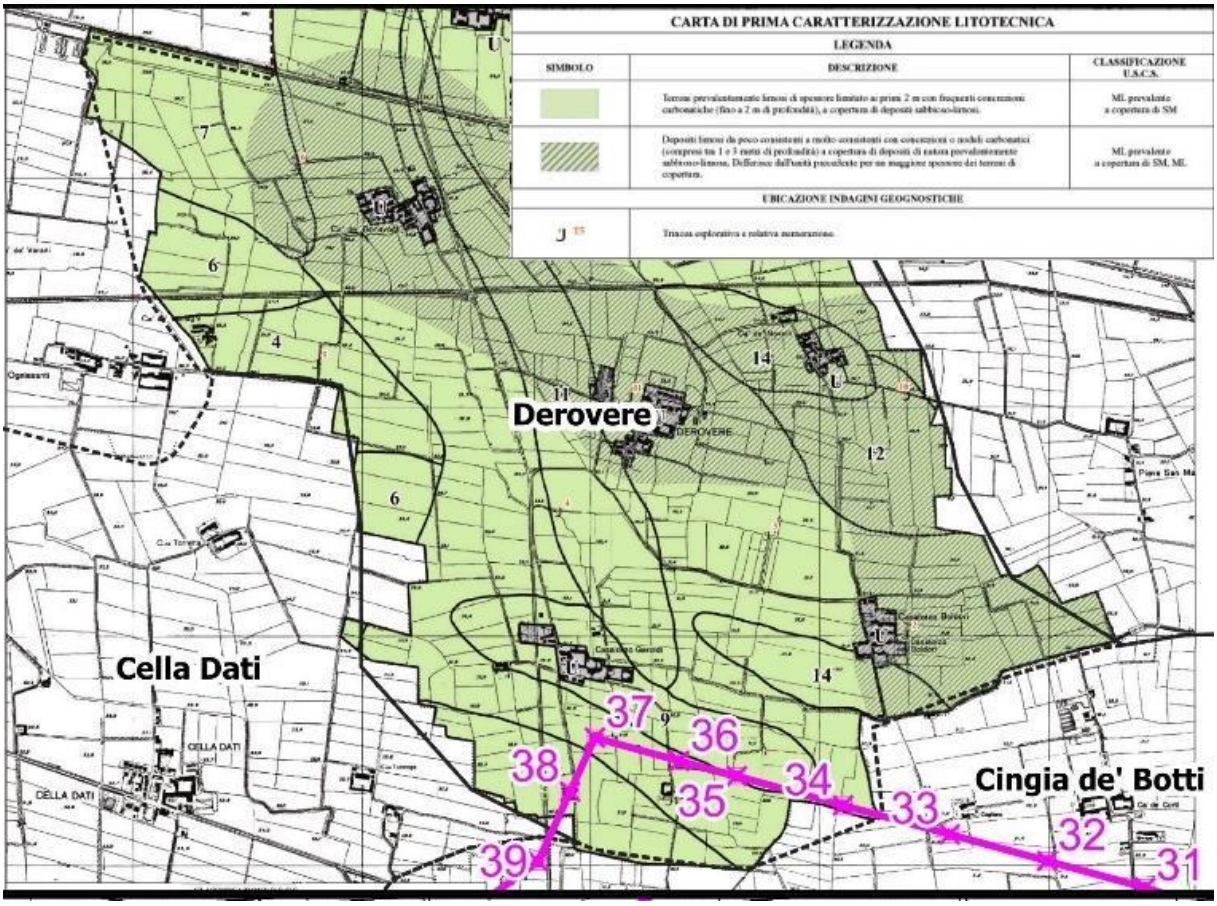
1 — Unità 1 - Depressioni subcircolari, substrato limoso, localmente sovrapposte a sabbie, generalmente tessitura moderatamente fine, con soggiacenza falda < 1.5 m; angolo di attrito interno da 26° a 30°.
Condizioni geotecniche mediocri.

2 — Unità 2 - Aree stabili o lievemente ondulate, con sedimenti alluvionali antichi o recenti. limosi privi di pietrosità, moderatamente sabbiosi e grossolani in superficie; soggiacenza della falda da 1 a 2 m; angolo di attrito interno da 26° a 30°.
Condizioni geotecniche da mediocri a buone.

3 — Unità 3 - superfici piane o debolmente ondulate, tessitura grossolana, con sabbie grossolane; soffiacenza della falda da 1,5 a 2 m; angolo di attrito interno da 33° a 35°.
Condizioni geotecniche buone,

Z4a, zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali sabbioso limosi. Possibili effetti: amplificazioni litologiche.
Classe di pericolosità sismica locale H2-livello di approfondimento 2°.

Derovere

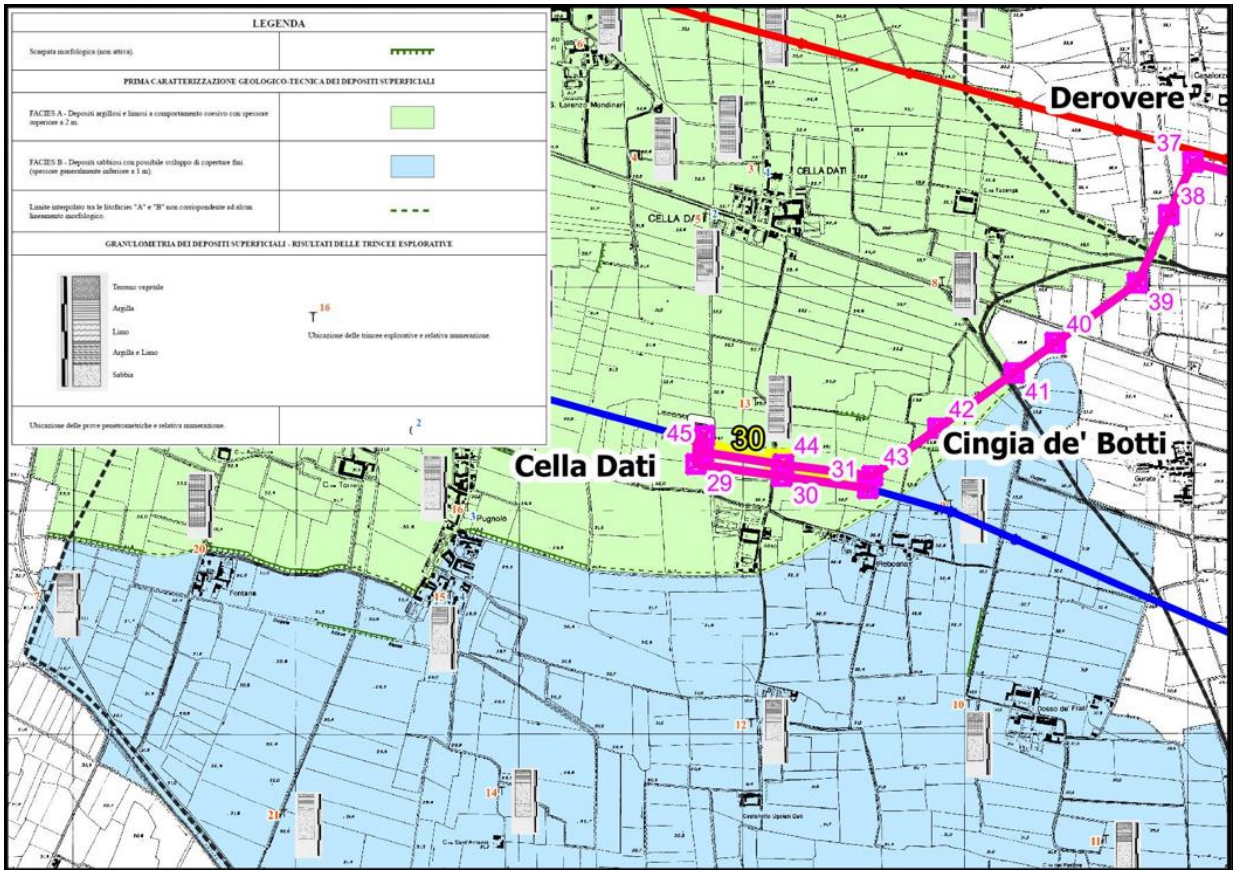


CARTA DI PRIMA CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA

LEGENDA

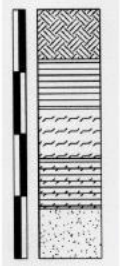
SIMBOLO	DESCRIZIONE	CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.
	Terreni prevalentemente limosi di spessore limitato ai primi 2 m con frequenti concrezioni carbonatiche (fino a 2 m di profondità), a copertura di depositi sabbioso-limosi.	ML prevalente a copertura di SM
	Depositi limosi da poco consistenti a molto consistenti con concrezioni o nodali carbonatici (compresi tra 1 e 3 metri di profondità) a copertura di depositi di natura prevalentemente sabbioso-limosa. Differisce dall'unità precedente per un maggiore spessore dei terreni di copertura.	ML prevalente a copertura di SM, ML
UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE		
J T5	Trincea esplorativa e relativa numerazione.	

Cella Dati



PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI	
FACIES A - Depositi argillosi e limosi a comportamento coesivo con spessore superiore a 2 m.	
FACIES B - Depositi sabbiosi con possibile sviluppo di coperture fini (spessore generalmente inferiore a 1 m).	
Limite interpolato tra le litofacies "A" e "B" non corrispondente ad alcun lineamento morfologico.	

GRANULOMETRIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI - RISULTATI DELLE TRINCEE ESPLORATIVE



Terreno vegetale

Argilla

Limo

Argilla e Limo

Sabbia

16

Ubicazione delle trincee esplorative e relativa numerazione.

10 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PRELIMINARI DEI TERRENI

Di seguito, si riportano i valori dell'angolo di attrito interno frutto delle interpretazioni eseguite durante l'esecuzione delle indagini penetrometriche statiche identificate con 12234 e 12235, precisando che i valori riportati sono indicativi in prossimità dell'area investigata, nella zona centrale del tracciato nella fattispecie, e non possono essere estesi a tutto l'elettrodotto di progetto date le dimensioni dell'opera e nondimeno la notevole eterogeneità litologica nel contesto morfostratigrafico di inserimento, ove le eteropie laterali e le variazioni verticali sono piuttosto comuni e tipiche.

CPT n°2,

Profondità da p.c. in m	R_p (Kg/cm^2)	FR (%)	ϕ stimato
0.20 – 0.40	25	1.1	//
0.40-1.60	32	3	//
1.60-2.00	32	3	//
2.00-4.00	50	2.48	29°
4.00-4.40	11	14	//
4.40-4.80	25	14	//
4.80-5.60	7	7	//
5.60-6.80	46	2.8	28°
6.80-8.20	9	7.8	//
8.20-11.60	>80	1.7	36°

Figura 10-1: valori dell'angolo di attrito interno (Φ) elaborati in corrispondenza della CPT identificata 12234; essi sono puramente indicativi per la zona centrale del progetto (fra i sostegni 15 e 33); per la Prevalente argilla sono utilizzabili le stime 29° e 28°; per la Sabbia da molto fine a media con ghiaietto si consideri il parametro di 36°.

CPT n°1,

Profondità da p.c. in m	R_p (Kg/cm^2)	FR (%)	ϕ stimato[3]
0.20-0.80	14	5.4	//
0.80-1.20	60	1.6	30°
1.20-1.80	28	6.9	27°
1.80-3.40	69	1.9	31°
3.40-4.60	52	2.8	29
4.60-5.60	14	8	//
5.60-7.00	66	2.1	30°
7.00-8.80	14	5.0	//
8.80-11.60	>80	2.0	35°

Figura 10-2: valori dell'angolo di attrito interno (Φ) elaborati in corrispondenza della CPT identificata 12235; anch'essi sono puramente indicativi per la zona centrale del progetto (fra i sostegni 15 e 33); per il Terreno vegetale sono utilizzabili le stime 30° e 27°; per la Prevalente argilla 31°, 29° e 30°; per la Sabbia da molto fine a media con ghiaietto si consideri il parametro di 35°.

11 ANALISI DELLE CRITICITÀ GEOLOGICHE

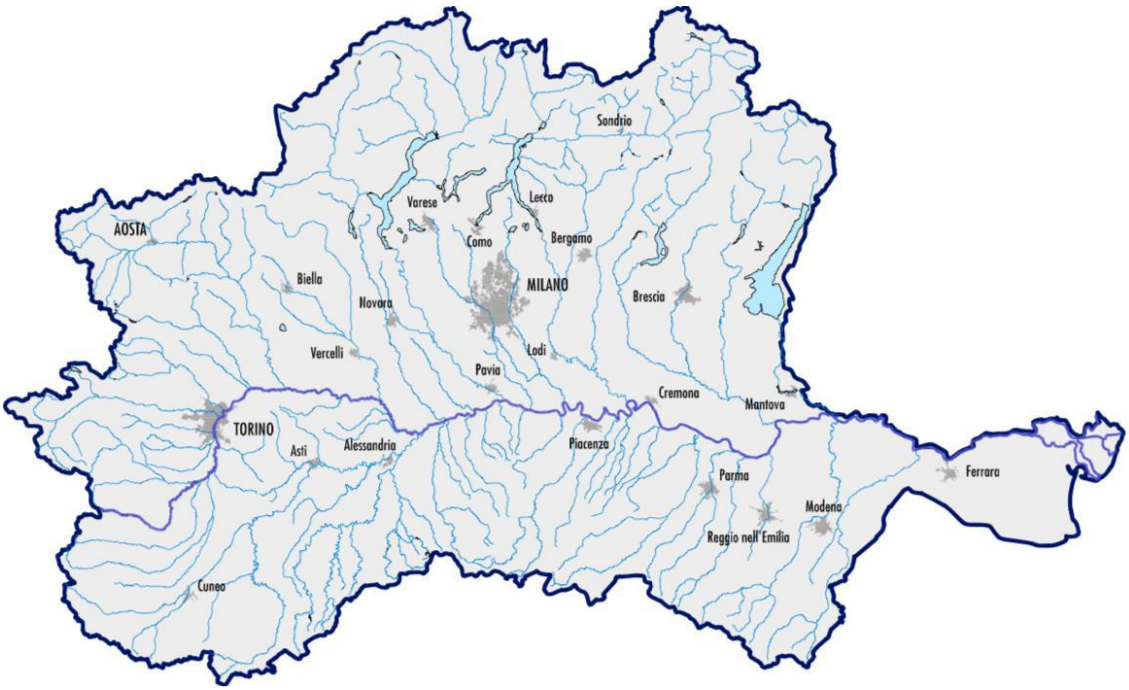
11.1 RISCHIO GEOMORFOLOGICO

La redazione del piano dell'assetto idrogeologico è basata sul confronto delle:

- Analisi della pericolosità
- Analisi del Rischio.

La pericolosità rappresenta la probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente distruttivo, di una determinata intensità in un dato periodo e in una data area (Varnes, 1984). Le Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome hanno il compito istituzionale di perimetrare nei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) le aree a pericolosità da frana, che includono quindi, oltre alle frane già verificatesi, anche le zone di possibile evoluzione dei fenomeni e le zone potenzialmente suscettibili a nuovi fenomeni franosi.

Le opere in progetto sono comprese all'interno del territorio per il quale vige il PAI di competenza dell'Autorità di Bacino del Fiume Po:



Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po, denominato anche PAI o Piano, disciplina:

a) con le norme contenute nel Titolo I, le azioni riguardanti la difesa idrogeologica e della rete idrografica del bacino del Po, nei limiti territoriali di seguito specificati, con contenuti interrelati con quelli del primo e secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali di cui al successivo punto b);
b) con le norme contenute nel Titolo II – considerato che con D.P.C.M. 24 luglio 1998 è stato approvato il primo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali che ha delimitato e normato le fasce relative ai corsi d'acqua del sottobacino del Po chiuso alla confluenza del fiume Tanaro, dall'asta del Po, sino al Delta, e degli affluenti emiliani e lombardi limitatamente ai tratti arginati – l'estensione della delimitazione e della normazione ora detta ai corsi

d'acqua della restante parte del bacino, assumendo in tal modo i caratteri e i contenuti di secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali;

c) con le norme contenute nel Titolo III, in attuazione dell'art. 8, comma 3, della L. 2 maggio 1990 n. 102, il bilancio idrico per il Sottobacino Adda Sopralacuale e le azioni riguardanti nuove concessioni di utilizzazione per grandi derivazioni d'acqua;

d) con le norme contenute nel Titolo IV, le azioni riguardanti le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Tenendo in considerazione la piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico (ISPRA https://idrogeo.isprambiente.it/app/page/open-data) e il Geoportale regione Lombardia, che riporta la versione vigente e aggiornata del PAI approvato dall'Autorità di bacino del Fiume Po, **nessun sostegno ricade in aree a pericolosità e rischio frana.**

11.2 RISCHIO IDRAULICO

Dal Geoportale della Regione Lombardia, tavola 3 "Corsi d'acqua interessati dalle fasce fluviali" **è possibile verificare come l'opera in esame si trovi parzialmente nell'area a pericolosità idraulica "Fascia C"** (figura seguente).

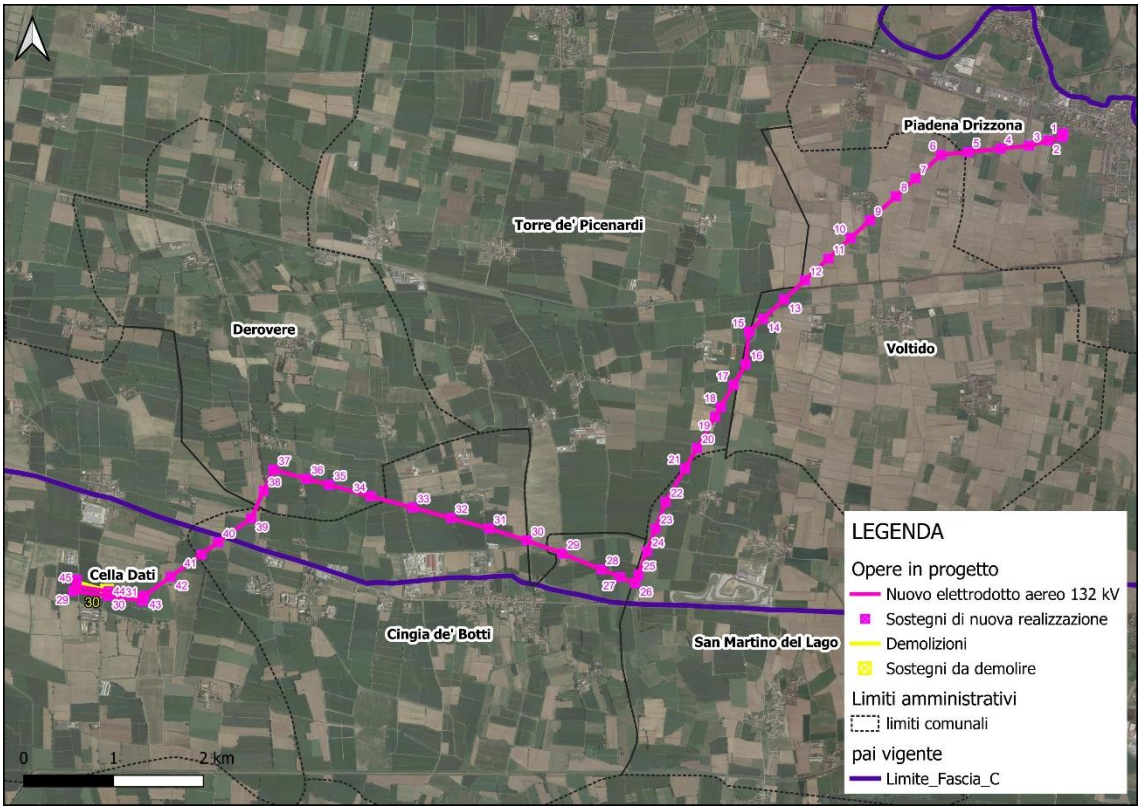


Figura 11-1: corsi d'acqua interessati dalle fasce fluviali. Fonte PAI Adb Po.

I sostegni n. 40, 41, 42, 43, 44, 45, del nuovo elettrodotto ed i sostegni n. 29, 30 e 31 dell'intervento di adeguamento della linea esistente ricadono all'interno del limite fascia C.

Per quanto concerne la Fascia C, le Norme di Attuazione del PAI attualmente vigente, all'Art. 31, comma 4 stabiliscono quanto segue:

> 4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione – II ciclo (2021-2027) redatto ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE. Il Primo Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Bacino del fiume Po è stato adottato, nella seduta di Comitato Istituzionale, con delibera n.4/2015 e successivamente approvato con deliberazione n.2/2016. In data 16 dicembre 2021 la Conferenza Operativa ha espresso parere positivo sull'Aggiornamento e revisione del Piano di gestione del rischio alluvioni che è quindi stato adottato in data 20 dicembre 2021 con Delibera_5/2021_PGRAPo. Secondo quanto specificato nella Relazione Metodologica del PGRA, la mappatura della pericolosità è stata effettuata secondo approcci metodologici differenziati per i diversi ambiti territoriali:

- Reticolo principale (RP): costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondivalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- Reticolo secondario collinare e montano (RSCM): costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- Reticolo secondario di pianura (RSP): costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa Pianura Padana.
- Aree costiere marine (ACL): sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.
- Aree costiere lacuali ACM): sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Maggiore, Como, Garda, ecc.).

Le relative classi di pericolosità sono suddivise in:

- P1: scarsa probabilità
- P2: media probabilità
- P3: elevata probabilità.

Nelle figure seguenti si riporta una rielaborazione grafica con la linea in progetto , sovrapposta alle aree da attenzionare del PGRA.

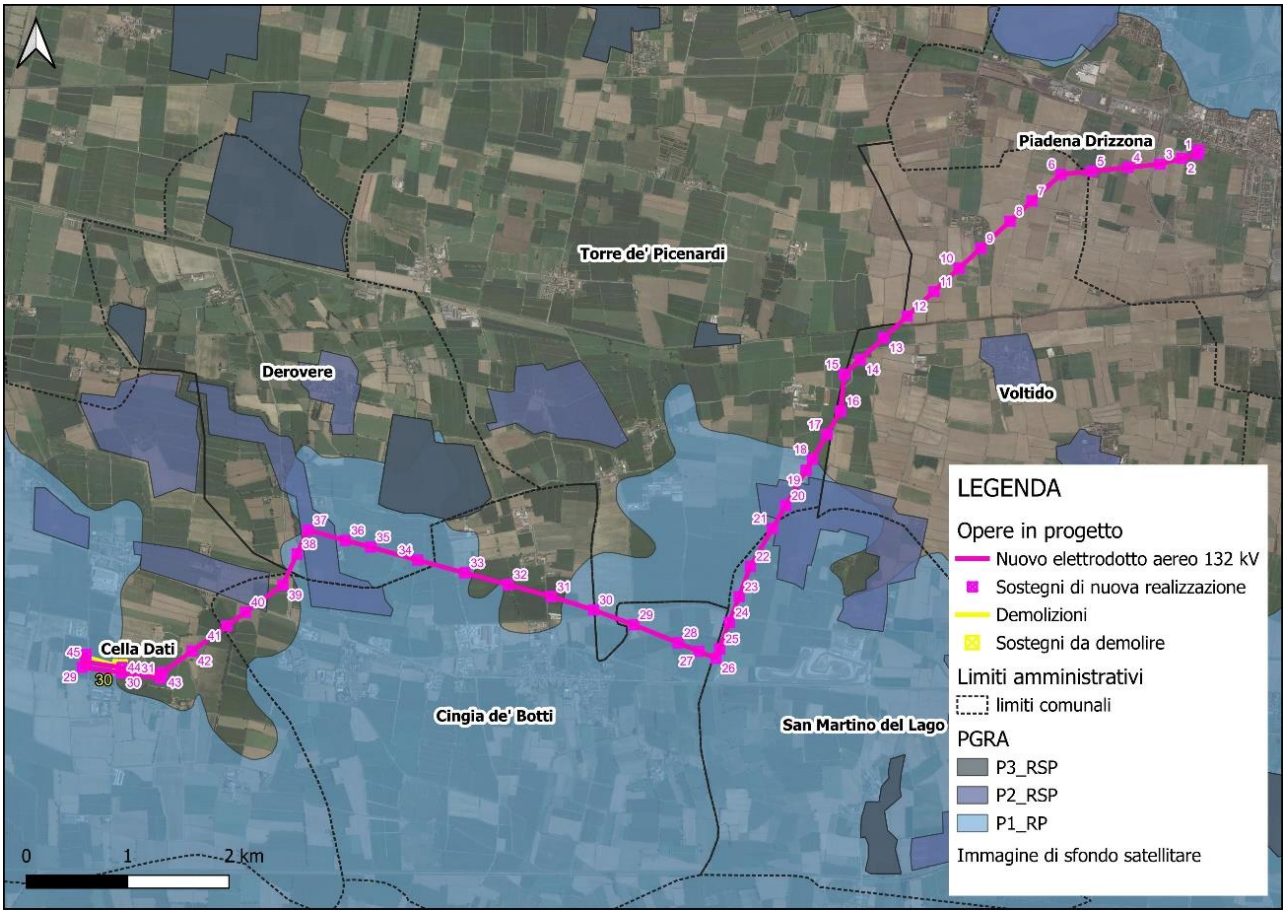


Figura 11-2: PGRA – Mappa pericolosità idraulica

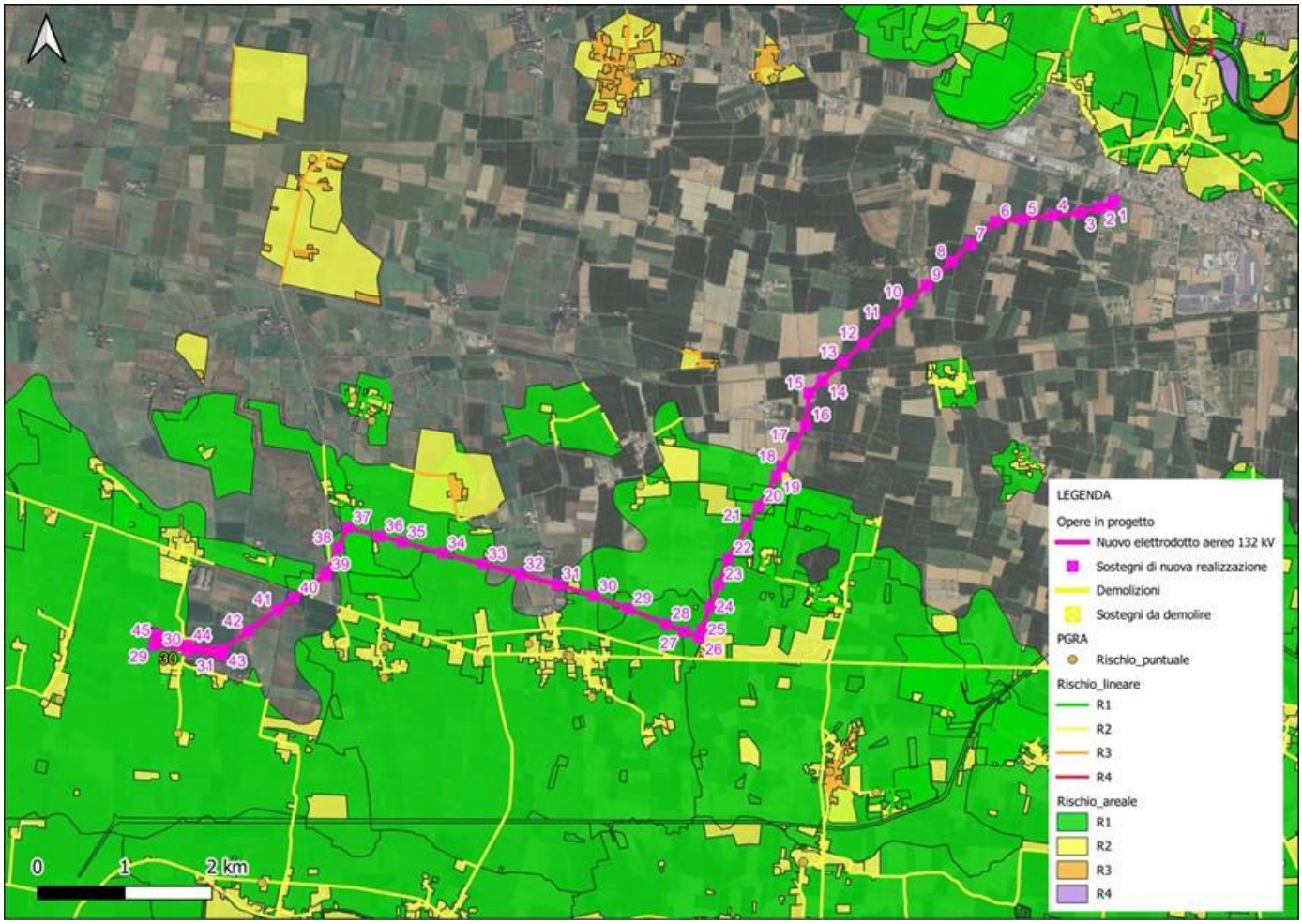


Figura 11-3: PGRA – Mappa rischio idraulico

Nelle aree interessate, **è stata riscontrata criticità** di pericolo e rischio da alluvione con i seguenti sostegni, rilevata dalla cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e dal Geoportale dell'ISPRA:

SOSTEGNI	COMUNE	PGRA pericolosità	PGRA rischio
45	Cella Dati	P1 RP	R1
38	Derovere	P1 RP	R1
37	Derovere	P1 RP – P2 RSP	R1
36	Derovere	P1 RP	R1
35	Derovere	P1 RP	R1
34	Derovere	P1 RP	R1
33	Cingia de' Botti	P1 RP	R1
30	Cingia de' Botti	P1 RP	R1
29	Cingia de' Botti	P1 RP	R1

28	Cingia de' Botti	P1 RP	R1
27	Cingia de' Botti	P1 RP	R1
26	San Martino del Lago	P1 RP	R1
25	San Martino del Lago	P1 RP	R1
24	San Martino del Lago	P1 RP	R1
23	San Martino del Lago	P1 RP	R1
22	San Martino del Lago	P1 RP	R1
21	San Martino del Lago	P1 RP	R1
20	Torre de' Picenardi	P1 RP – P2 RSP	R1
19	Torre de' Picenardi	P1 RP	R1
18	Torre de' Picenardi	P1 RP	R1
29 (intervento di adeguamento della linea esistente)	Cella Dati	P1 RP	R1

Di seguito si riporta lo stralcio delle NTA dello “schema di Progetto di Variante delle NA del PAI”, con specifica d’indicazione normativa nei riguardi dei singoli ambiti territoriali.

Art. 58 “Aggiornamento agli indirizzi alla pianificazione urbanistica, ai sensi dell’art.65 comma 6 del D.Lgs n. 152/2006”:

2. Nell’ambito delle disposizioni integrative di cui al comma precedente le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Tali misure devono essere coerenti con quelle di seguito indicate, ferma restando la possibilità di una migliore specificazione ed articolazione delle stesse sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi:

a) Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP):

- alle aree interessate da alluvioni frequenti si applicano le limitazioni di cui all’art 29 del PAI vigente;
- alle aree interessate da alluvioni poco frequenti si applicano le limitazioni di cui all’art 30 del PAI vigente;
- alle aree interessate da alluvioni rare si applicano le limitazioni di cui all’art 31 del PAI vigente;

b) Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)

- alle aree interessate da alluvioni frequenti si applicano le limitazioni di cui all’art 9 commi 5 e 7 del PAI vigente;
- alle aree interessate da alluvioni poco frequenti si applicano le limitazioni di cui all’art 9 commi 6 e 8 del PAI vigente;
- alle aree interessate da alluvioni rare si applicano le limitazioni di cui all’art 9 commi 6*bis* e 9 del PAI vigente;

c) Reticolo secondario di pianura (RSP)

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i.

d) Aree costiere lacuali (ACL)

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i..

Art. 31 PAI vigente:

Art. 31. Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C)

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.

4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

A monte delle analisi effettuate, le relative prescrizioni per le aree da attenzionare sono da verificare all'interno delle norme degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica provinciali e comunali.

11.3 CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Nelle zone interessate dal progetto, gli strumenti di pianificazione a livello comunale individuano diverse *classi di fattibilità geologica*: queste, in estrema sintesi, sono aree nelle quali sarebbero state riscontrate talune caratteristiche geologico-idrogeologiche e idrauliche in ragione delle quali si ravvisano *limitazioni* alla fattibilità di opere sul territorio. In dettaglio, si riportano le interferenze dei sostegni della linea in progetto con le varie aree a diverse classi di fattibilità geologica nei vari territori comunali.

CELLA DATI

In base alla Carta della fattibilità geologica, i sostegni n. 42, 43, 44, 45 del nuovo elettrodotto ed i sostegni n. 29, 30 e 31 dell'intervento di adeguamento della linea esistente, si trovano all'interno nella CLASSE 2.

Classe 2 – edificabilità con modeste limitazioni.

La CLASSE 2 comprende "le aree per le quali sono state riscontrate modeste limitazioni derivanti dalla presenza di coperture limoso-argillose di modeste proprietà geotecniche e spessore metrico le quali, caratterizzate da una ridotta permeabilità, rendono talora difficoltoso il drenaggio e lo smaltimento delle acque superficiali. Per queste aree, nel caso di interventi edilizi ed urbanistici, ad integrazione di quanto già previsto dagli artt. 1 e 2, sarà necessario:

1. prevedere il corretto smaltimento delle acque meteoriche;
2. valutare le possibili interazioni tra acque di superficie e sedime di fondazione, rammentando come l'eventuale ristagno di acqua meteorica possa contribuire a un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni."

Le norme geologiche di Piano per la CLASSE 2 prescrivono quanto segue:

CLASSE 2 EDIFICABILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

Nuovi fabbricati di qualsiasi destinazione d'uso: studio geologico e geotecnico come prescritto dal D.M. del 17/01/2018 limitato al singolo progetto edilizio e all'immediato intorno con eventuali prescrizioni per la salvaguardia idrogeologica dell'area.

Le indagini geognostiche da svolgersi in fase preliminare alla stesura del singolo progetto esecutivo *dovranno essere finalizzate alla definizione dei seguenti elementi:*

- successione litostratigrafica locale;

- caratteristiche geotecniche dei terreni individuati;

- posizione della falda freatica;

- interazione strutture-terreno di fondazione;

- verifica del fattore di amplificazione locale Fa mediante indagine geofisica diretta (indagine di 2° livello).

In considerazione della prevalente natura geologica del territorio comunale le metodologie di indagine dovranno essere articolate preferibilmente sull'esecuzione di prove penetrometriche di tipo statico CPT/SCPT, sondaggi a carotaggio e/o l'apertura di trincee esplorative con prelievo di campioni di terreno da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

DEROVERE

In base alla Carta della fattibilità geologica, i sostegni n. 34, 35, 36, 37, 38 si trovano all'interno nella CLASSE2.

Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni (Limitazioni derivanti dalle caratteristiche dei terreni di substrato).

La Classe 2A (cfr. Art. 22 delle Norme del Piano delle Regole) comprende "l'intero territorio comunale sul quale sono state riscontrate modeste limitazioni derivanti dalla presenza di coperture limose o limo-argillose di modeste proprietà geotecniche e spessore metrico le quali, caratterizzate da una ridotta permeabilità, rendono talora difficoltoso il drenaggio e lo smaltimento delle acque superficiali. Nel caso di interventi edilizi ed urbanistici, ad integrazione di quanto già previsto dagli art. 1 e 2 del Piano geologico, sarà necessario:

1. prevedere il corretto smaltimento delle acque meteoriche;
2. valutare le possibili interazioni tra acque di superficie e sedime di fondazione, rammentando come l'eventuale ristagno di acqua meteorica possa contribuire a un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni."

Le Norme di Attuazione del PGT del comune di Derovere (Art 21.4 NTA del Documento di Piano e Art. 27 NTA del Piano delle Regole), prescrivono l'esecuzione di indagini di approfondimento con redazione di RELAZIONE GEOTECNICA ED IDROGEOLOGICA ai sensi del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 n.29581 da realizzarsi in fase di progettazione esecutiva:

«In sede di progettazione di piani attuativi e interventi edilizi (nuove costruzioni e ricostruzioni), si prescrive la realizzazione di indagini finalizzate all'approfondimento geologico tecnico ed idrogeologico del sito, con redazione di apposita relazione geotecnica ed idrogeologica ai sensi del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 n.29581, finalizzate, in particolare all'individuazione della capacità portante del terreno in relazione alla tipologia di

fondazione. Gli studi di approfondimento dovranno essere realizzati prima della progettazione degli interventi edilizi e la relazione geologica e geotecnica di supporto dovrà essere consegnata in sede di presentazione dei Piani Attuativi o in sede di richiesta del permesso di costruire. Al fine di garantire l'invarianza idraulica degli interventi, si dovrà valutare la possibilità di realizzare bacini volani con effetto di cassa d'espansione per attenuare gli scarichi nei corpi recettori in caso di precipitazioni di notevole intensità. Per la definizione dell'azione sismica di progetto, lo stesso Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 n. 29581, individua la stima dei parametri spettrali necessari che dovranno essere effettuati direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. citato.

I risultati delle eventuali analisi di secondo e terzo livello, che si dovesse scegliere di eseguire, dovranno essere utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.»

CINGIA DE' BOTTI

In base alla Carta della fattibilità geologica, i sostegni n. 25, 26, 27, 28, 33, 39, 40, 41, si trovano all'interno nella CLASSE2; i sostegni n. 29, 30, 31, 32 si trovano in CLASSE 3A.

Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni;

Classe 3A – vulnerabilità idrogeologica medio alta.

Le Norme geologiche di Piano sono riportate nell'Art. 35 del Piano delle Regole del PGT.

Per la CLASSE 2 l'Art. 35.1.1 stabilisce che:

«Gli interventi edilizi e di trasformazione urbanistica del territorio, che insistono sui terreni compresi nella classe 2, caratterizzati da soggiacenza della falda compresa tra 1.5 e 2.00 m, permeabilità medio bassa, vulnerabilità idrogeologica medio bassa, caratteristiche ascrivibili all'unità geotecnica 2 e localmente all'unità geotecnica 1, sono da documentare con relazione geologica che definisca: la successione stratigrafica, almeno nei primi 2-3 m, da p.c., posizione della falda, natura e caratteristiche geotecniche dei terreni. Si consiglia l'esecuzione di prove penetrometriche statiche, prelievo di campioni di terreno da sottoporre, eventualmente, ad analisi di laboratorio geotecnico. La falda dovrà essere individuata localmente e di essa dovrà essere stimato l'andamento stagionale, riferendo tutto ciò alle modalità di esecuzione delle fondazioni, alla sicurezza dei sottoservizi ed all'eventuale aggottamento della falda, negli scavi, in corso d'opera.»

Mentre per la SOTTOCLASSE 3A, aree a vulnerabilità da alta a molto alta, l'Art. 35.1.2 riporta quanto segue:

La relazione geologica dovrà essere documentata con sondaggi geognostici, per le caratteristiche ascrivibili alle unità geotecniche 1 e 2, eseguiti anche con escavatore meccanico e da valutazioni sull'addensamento dei terreni, anche con misure di campagna, ad esempio vane test e poket penetrometer, meglio se, in riferimento all'importanza dell'intervento di progetto, si documenti con prove penetrometriche statiche.
[…]I piani attuativi, gli interventi di nuova costruzione e di urbanizzazione, previsti dallo strumento urbanistico, saranno assentibili a condizione di accompagnare ogni nuovo piano e progetto con indagini geognostiche in situ e con relazione geologica, geotecnica ed idrogeologica, che determini la condizione locale della falda (direzione, flusso, gradiente idraulico, escursione stagionale, ecc.), le caratteristiche di portanza dei terreni ed i cedimenti attesi. Qualora si eseguano scavi al di sotto del piano strada essi dovranno essere documentati con relazione geologica, geotecnica ed idrogeologica; in tale documento si dovranno indicare, tutte le opere, inerenti agli scavi ed agli aggottamenti, comprese quelle provvisionali, che si intende realizzare, i tempi di esecuzione, le cautele operative da attuare per evitare danni ad edifici e manufatti propri ed altrui.
La posizione, il flusso della falda superficiale e quanto occorra per caratterizzarla, dovranno essere osservati, in piezometri appositamente eseguiti, per almeno un semestre, le misure avranno scadenza almeno quindicinale. Posizione e caratteristiche dei piezometri dovranno essere dichiarati al Comune, all'inizio del ciclo di misure, tali strutture costituiscono parte irrinunciabile della rete di monitoraggio della falda, dovranno essere sempre accessibili ed ispezionabili; la tabella delle misure di falda, con la precisa indicazione del giorno, dell'operatore e della soggiacenza dell'acquifero da un caposaldo, definito topograficamente e relazionato ad un punto fiduciale del catasto, dovrà essere trasmessa al Comune. I piezometri saranno mantenuti in funzione per almeno tre anni dalla fine lavori ed il loro smantellamento dovrà essere, eventualmente, autorizzato dal Comune.
Quanto sopra esposto dovrà essere illustrato nella relazione geologica. […]

TORRE DE' PICENARDI

In base alla Carta della fattibilità geologica, i sostegni n. 15, 17, 18, 19, 20, 21 ricadono in CLASSE 2.

Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni (sottoclasse 2A: zona a vulnerabilità idrogeologica medio-bassa e caratteri geotecnici modesti; sottoclasse 2B: zona a vulnerabilità idrogeologica medio-alta e caratteri geotecnici a modesti a discreti).

La Classe 2 comprende "le aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori."

Le norme geologiche del PGT specificano quanto segue:

«La Relazione Geotecnica, redatta da professionista abilitato, deve essere prodotta come parte integrante del progetto in sede di presentazione delle pratiche edilizie […]
f) Scavi

Considerando la natura litologica prevalentemente coesiva dei terreni superficiali, dovranno essere sempre assicurate nel tempo le condizioni di stabilità dei fronti di scavo, legati ad attività edili, per altezze h > 2,0 m, previa caratterizzazione geotecnica dei terreni stessi secondo le modalità sopra descritte. La presenza di una falda superficiale spesso risaliente impone sempre la verifica preliminare e in corso d'opera del rischio di venute d'acqua laterali a dal fondo.»

VOLTIDO

In base alla Carta della fattibilità geologica del PGT si evidenziano le seguenti classi di fattibilità geologica;

- I sostegni n. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16 ricadono zone con CLASSE DI FATTIBILITÀ 2;
- n. 12, 13 ricadono zone con CLASSE DI FATTIBILITÀ 3C, corrispondente alla fascia di rispetto del Canale Tagliata;

In base all'Art. 14.2 del Piano delle Regole: 14. 2 – Classe di fattibilità 2 (Fattibilità con modeste limitazioni).

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa (Soggiacenza maggiore di 2 m. e buone qualità geotecniche dei terreni).

Comprende i terreni del L.F.d.P., caratterizzati da soggiacenza della falda > 2m, con vulnerabilità idrogeologica media e caratteristiche geotecniche almeno discrete. Per quanto riguarda nuove espansioni, eventualmente da prevedere in tali aree si raccomanda l'esecuzione di approfondimenti geologico tecnici ed idrogeologici, con redazione di relazione geotecnica ed idrogeologica per i piani attuativi e per singoli edifici di edilizia pubblica, costruzioni industriali ed artigianali, edifici rurali (stalle, porcilaie, vasche di contenimento liquami ecc.) che stabiliscano puntualmente la soggiacenza e la massima escursione della falda, natura e caratteristiche geotecniche dei terreni.

L'Art. 14.3 invece disciplina la Classe 3:

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

[…]

14.3.3 - Sottoclasse 3c

I corsi d'acqua individuati nella "Carta idrogeologica e del sistema idrografico", alla scala 1:10.000, nei loro tratti esterni al perimetro dei centri edificati, sono oggetto di particolare tutela poiché costituiscono un elemento paesistico ambientale essenziale della pianura cremonese. Essi vanno salvaguardati nel loro percorso, mantenuti nella piena funzionalità idraulica ed integrati nel contesto paesistico ambientale in cui scorrono.

Per essi si propone la seguente disciplina:

· su tutti i corsi d'acqua, così come sopra individuati, sono consentiti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, e quelli che ne ricostituiscano l'alberatura di ripa con essenze tipiche;
· tutti i canali verranno mantenuti con fondo e sponde in terra, gli interventi di impermeabilizzazione dovranno essere limitati e circoscritti solo a quelli che razionalizzano la distribuzione dell'acqua irrigua e la raccolta di quella di colo;
· nella fascia di 10 m, misurata dal ciglio superiore del canale, è vietato lo stoccaggio, anche temporaneo, di rifiuti di ogni genere e di reflui organici ed è tanto più vietato lo spargimento di ogni tipo di fango o rifiuto di provenienza civile ed industriale.
- Per ogni opera o intervento che si intende eseguire sui corsi d'acqua, esterni ed interni al perimetro del centro edificato, si deve acquisire, prima del rilascio di ogni provvedimento del Comune, l'autorizzazione della Regione, ai sensi del R.D.25.07.1904 N.523, art. 93 e seguenti. Su questi corsi d'acqua pubblica gli interventi dovranno, preferibilmente, essere eseguiti con criteri di ingegneria naturalistica e i lavori sui manufatti e le opere d'arte dovranno essere eseguiti con materiali tipici.

SAN MARTINO DEL LAGO

In base alla Carta della fattibilità geologica, i sostegni n. 22, 23, 24 ricadono in CLASSE 3.
La normativa del PGT descrive all'art. 14.3.4 la Classe 3d. Art. 14.3.4 - Sottoclasse 3d

"La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi dovute ad una bassa soggiacenza della falda (1-2 m). Gli studi geologico tecnici ed idrogeologici, di cui all'art. 5 dovranno, tra l'altro, stabilire puntualmente la soggiacenza e la massima escursione della falda, natura e caratteristiche geotecniche dei terreni. A garanzia dell'integrità qualitativa delle acque sotterranee, gli scavi per la realizzazione di nuove edificazioni dovranno essere mantenuti ad almeno 1,0 m dal massimo livello piezometrico rilevato o conosciuto; in caso di impossibilità a mantenere tale franco è vietata l'esecuzione di opere in sotterraneo (autorimesse, cantine, ecc.). L'attuazione delle previsioni edificatorie è inoltre subordinata alla verifica idraulica dei corpi idrici recettori delle acque di dilavamento, in relazione all'effetto d'impermeabilizzazione del suolo. La portata defluente verso il corpo idrico deve essere determinata considerando la curva di probabilità pluviometrica con tempo di ritorno pari a 10 anni."

Inoltre, secondo l'Art. 14.5:

«In sede di progettazione di piani attuativi e interventi edilizi (nuove costruzioni e ricostruzioni), si prescrive la realizzazione di indagini finalizzate all'approfondimento geologico tecnico ed idrogeologico del sito, con redazione di apposita relazione geotecnica ed idrogeologica ai sensi del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 n. 29581, finalizzate, in particolare all'individuazione della capacità portante del terreno in relazione alla tipologia di fondazione.»

PIADENA DRIZZONA

In base alla CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA, i sostegni n.1, 2 3, 4, ricadono in zona con Classe 3b di fattibilità geologica.

La Classe 3b corrisponde a "zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato alla realizzazione di specifici studi ed indagini: ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica."

L'Art.1 delle Norme Geologiche di Attuazione stabilisce quanto segue:

Caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni di fondazione

1. Per qualsiasi nuova infrastruttura e/o edificazione e per ogni intervento che modifichi le caratteristiche delle strutture di fondazione già esistenti e/o i carichi su di essi applicati troverà applicazione il D.M. 14.01.2008 e s.m.i.. In particolare, dovranno essere eseguite specifiche indagini allo scopo di definire il modello geologico e le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, finalizzati a un corretto dimensionamento delle opere in progetto. A tal fine, per l'approvazione da parte dell'Autorità comunale, a ciascun progetto dovrà essere allegato specifico studio geologico, geotecnico e sismico.

2. Nel caso di progetti di opere classificate come strategiche o rilevanti secondo il D.d.u.o n. 19904/03 della Regione Lombardia, nello studio di cui al comma 1) dovranno essere analizzati anche gli aspetti derivanti dalla pericolosità sismica locale in conformità alle vigenti disposizioni nazionali e regionali.

3. Le indagini e gli approfondimenti prescritti dai precedenti commi devono essere eseguiti prima della fase progettuale in quanto propedeutici alla pianificazione e alla progettazione degli interventi previsti. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica, geotecnica e sismica deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani attuativi (L.R. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/05, art. 38) o altra forma di richiesta o di comunicazione/denuncia di inizio attività.

L'Art.7 delle Norme geologiche disciplina nello specifico la Classe 3b:

CLASSE 3B – Limitazioni derivanti dalle caratteristiche geotecniche dei terreni in presenza di acque sotterranee a profondità ridotta (acquifero s.s. e/o falde sospese)

"Viene riconosciuta una limitazione per la porzione centro-meridionale del territorio, nel quale sono presenti coperture limo-argillose con limitata capacità di drenaggio, associate a una falda poco soggiacente e/o alla presenza di falde sospese; per queste aree:

- nell'applicazione dei disposti di cui all'art. 1 dovrà essere posta particolare attenzione per la ridotta capacità portante e la propensione ai cedimenti che in genere caratterizza i terreni coesivi;

- in caso di interventi edilizi ed urbanistici, si dovrà prevedere il corretto smaltimento delle acque meteoriche e valutare le reazioni geotecniche dei terreni di fondazione derivanti dalla saturazione ad opera sia delle acque di infiltrazione che sotterranee, secondo quanto già disposto dall'art. 6."
art. 6: [In fase di progettazione di nuove strutture ed opere di fondazione, oltre a quanto già previsto dall'art. 1 delle presenti norme, dovrà essere valutato il grado di saturazione dei depositi naturali indotto dalla presenza di acqua sotterranea nel sedime di fondazione (mediamente a profondità ridotta), la quale contribuisce ad un generale peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni]

Dunque, **a seguito degli approfondimenti specifici in merito alla normativa dei PGT circa la fattibilità geologica è emersa una diffusa interferenza tra le opere in progetto e il contesto idraulico/geologico/sismico dell'area di studio**. Nello specifico, si rende necessaria una serie di approfondimenti geognostici finalizzati a caratterizzare gli aspetti specifici dei terreni in corrispondenza dei singoli sostegni. Stando a quanto previsto dalle norme dei singoli comuni, tali attività dovranno trovare collocazione nelle fasi esecutive della progettazione.
Da un punto di vista tecnico-operativo, la diffusa interferenza suddetta non rappresenta geologicamente una criticità; inoltre gli approfondimenti geognostici richiamati sopra ed esplicitati nelle schede in appendice, possono costituire una indicazione di massima utile ad una successiva definizione del *volume significativo di sottosuolo* in corrispondenza di ogni singolo sostegno ed evidenziare eventuali problematiche da risolvere tramite una adeguata progettazione in fase esecutiva.
In particolare, a causa di falda e contesto litologico, la liquefazione sismoindotta potrebbe rappresentare un problema da affrontare in fase esecutiva.
Il profilo litostratigrafico al di sotto dei sostegni, a valle della parametrizzazione fisico-meccanica, sarà utilizzato anch'esso per la progettazione geotecnica delle fondazioni.
Non si ravvisano, dato il paesaggio, problematiche di natura geomorfologica.
Neppure si ravvisano criticità di natura idraulica: i volumi fuori terra (in sostanza rappresentati dai piedi delle fondazioni in *cls* che usciranno sul piano campagna e da una minima parte dei tralicci) sono da considerare pressoché nulli, di fatto non significativi nel contesto di inserimento, e le nuove aree impermeabilizzate *idem,* per cui il progetto posato in opera non sottrarrà volumi all'esondazione e garantirà l'invarianza idraulica rispetto allo stato *ante operam*.

12 VINCOLO IDROGEOLOGICO (R.D.L. 30 DICEMBRE 1923 N. 3267)

Il vincolo idrogeologico è regolato dal R.D.L. 30/12/1923 n° 3267 e dal R.D. 16 maggio 1926, n. 1126, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

Al fine di analizzare le aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico, è stata esaminata la cartografia del Geoportale regionale, reperibile al seguente link: https://www.geoportale.regione.lombardia.it/, nella quale **non si evince l'interferenza con aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico (R.D.L. 30 DICEMBRE 1923 N. 3267) per il progetto.**

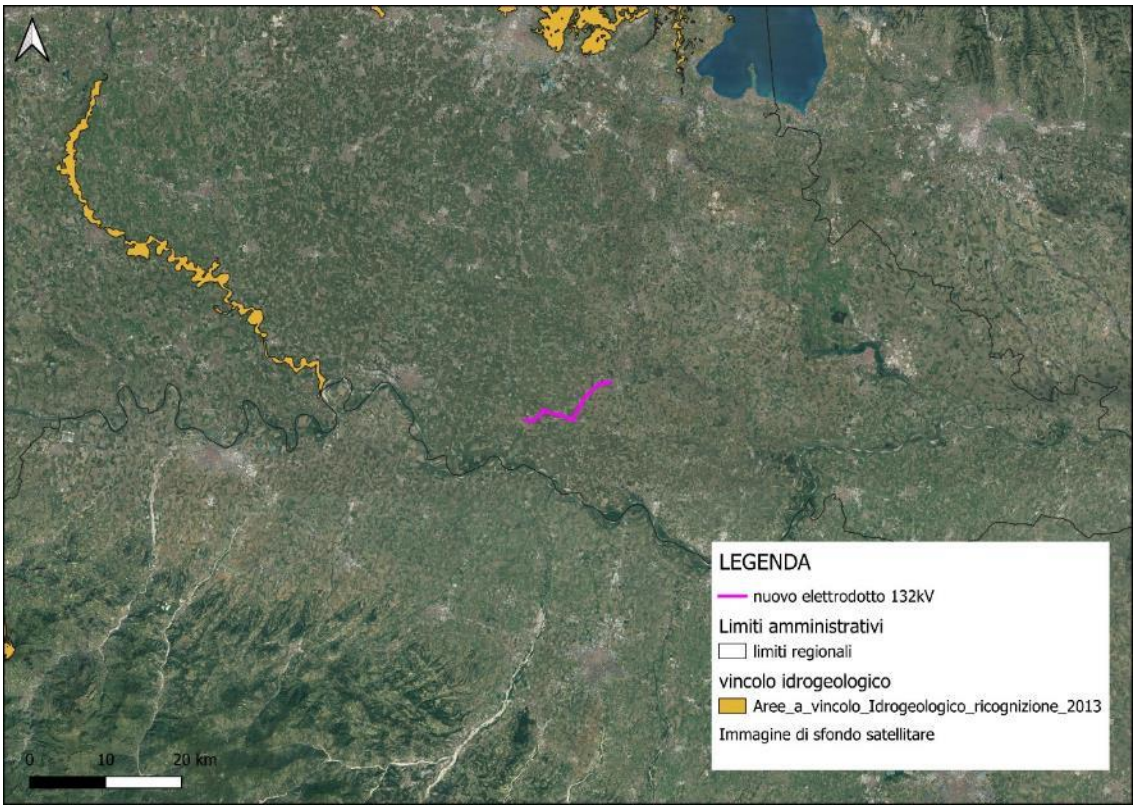


Figura 12-1: stralcio della Carta del Vincolo idrogeologico (R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267).

13 CONCLUSIONI

Con la presente relazione viene definito il contesto geologico preliminare dell'area di intervento desunto da una ricerca bibliografica e una raccolta delle informazioni pubbliche disponibili.
Sono inoltre state analizzate le principali criticità geologico-tecniche dell'area per valutare la compatibilità dell'opera.
Si rimanda agli approfondimenti geologici di norma delle successive fasi di progettazione.
Sulla base delle verifiche effettuate si può concludere che:

- il tracciato non presenta criticità geomorfologiche legate a dissesti;
- in base alla cartografia del PAI dell'AdB Po (mappe delle fasce fluviali di esondazione) e del PGRA, il tracciato di progetto intercetta porzioni di territorio a pericolosità idraulica variabile.

La profondità di scavo prevista dalla progettazione varia a seconda del tipo di fondazione che verrà impiegato.

In base alle informazioni fornite dalle indagini pregresse e consultabili sugli strumenti di pianificazione territoriale dei singoli Comuni, è possibile tratteggiare un quadro geo-litologico in cui materiali terrosi, di varia granulometria, si alternano nel sottosuolo. Un intervallo di prevalenti argille, limi e sabbie, dal comportamento coesivo e coesivo-incoerente, si rinviene al di sotto di un terreno agrario che mostrerebbe spessori abbastanza variabili, con inspessimento nella parte centrale del tracciato di progetto. Tale intervallo sembra avere uno spessore variabile che va aumentando da NE verso SW (procedendo dunque dall'inizio del tragitto, a Piadena Drizzona, verso la sua fine, a Cella Dati), mostrando una base rispettivamente a – 5 m e a – 15 m da piano campagna. Al di sotto di tale base si troverebbero, sostanzialmente, delle sabbie (con variabili frazioni in argilla, limi e ghiaie a seconda della zona) che si approfondirebbero fino ad almeno 40 m di profondità.

Dal punto di vista della parametrizzazione fisico-meccanica, sono disponibili pochi dati e in ogni caso se ne puntualizza la loro valenza piuttosto locale in considerazione delle eteropie laterali che normalmente caratterizzano simili contesti morfostratigrafici.

Nell'ambito delle interferenze tra le opere in progetto e il contesto idraulico/geologico/sismico dell'area, emerse a seguito degli approfondimenti specifici in merito alla normativa dei PGT circa la fattibilità geologica e alla luce delle conoscenze preliminari, desunte da indagini pregresse condotte nell'area di studio, è possibile asseverare una fattibilità preliminare del progetto rimandando i dovuti approfondimenti di sito a ridosso delle fasi successive di progettazione ed in fase esecutiva.

Ancora in base alle indagini pregresse, sarebbe presente falda nell'area del tracciato, con soggiacenza piuttosto superficiale, variabile tra 1 e 4,5 m di profondità.

Dall'analisi cartografica, non risultano criticità geomorfologiche ma risulterebbero criticità di natura idraulica. In realtà, un progetto come quello proposto offre delle opere caratterizzate da volumi fuori terra estremamente ridotti, fino ai

battenti idraulici che si possono attendere in occasione delle piene; per tale motivo sarebbe in sostanza garantita una invarianza idraulica.

Criticità di natura geologica potrebbero essere legate a fenomeni di liquefazione. Nelle fasi successive di progettazione ed in fase esecutiva verranno valutati tutti gli accorgimenti tecnici per ridurne il rischio.

14 APPENDICE

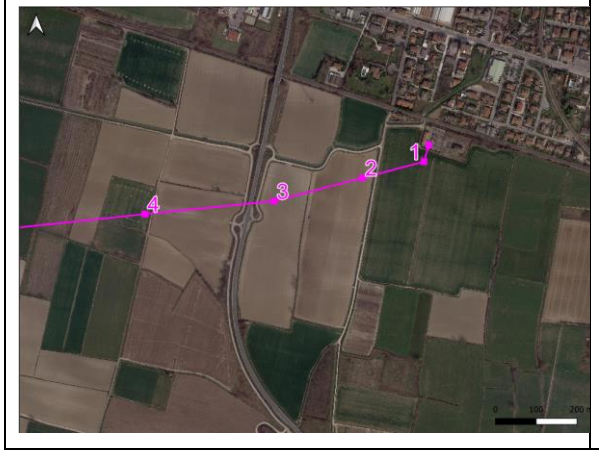
Nelle schede seguenti si riassumono le principali informazioni a carattere geologico-geomorfologico raccolte dalle diverse fonti istituzionali.

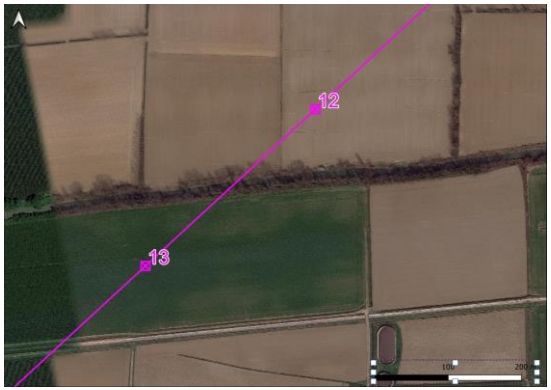
SCHEDA DI SINTESI

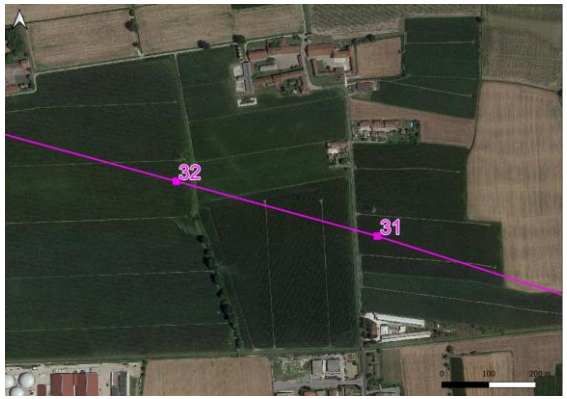
INTERVENTO	**AREA DI FONDAZIONE**		**ACCORGIMENTI E SOLUZIONI TECNICHE** *(indicare indagini proposte/ effettuate)*		
	Descrizione/ Uso del suolo	**Litologia**	Dovranno essere effettuate le indagini per la parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni in funzione della progettazione esecutiva delle fondazioni.		
Tipologia **Sostegni** **P. 1, 2, 3, 4, 12, 13, 31, 32**	Tutti i sostegni si trovano in seminativi semplici ad eccezione dei sostegni n. 1, 2 e 31 che si trovano in colture orticole a pieno campo (dati cartografici Geoportale Lombardia).	Terreno vegetale nell'ordine di 0.4 m e sottostanti argille, limi e sabbie (sostegni 1, 2, 3, 4, 12, 13); Terreno vegetale nell'ordine di 1.75 m e sottostanti sabbie, limi e argille (sostegni 31, 32)			
	Categoria Topografica	**Categoria di sottosuolo**			
	D.M. 17/01/2018				
Dimensioni	~~T1~~ T2 T3 T4 ND	A B C D E ~~ND~~			
	ELEMENTO DI PROBLEMATICITÀ		x Sondaggio (carotaggio continuo, attrezzato a piezometro, con prove in foro e prelievo di campioni indisturbati)	x Indagini geotecniche in sito o di laboratorio (penetrome, trie, prove sulle terre)	□ Rilievo geomeccanico (specificare tipologia)
	Tipologia[1]	**Distanza (m)**	x Indagini geofisiche (MASW)	□ Interventi di ingegneria naturalistica (specificare tipologia)	□ Sistemazione e regimazione delle acque superficiali
	Classe 3 fattibilità geologica	Interferenza diretta, indiretta per il sostegno 4 (distanza circa 20 m)	□ Analisi foto aeree/ PSInSAR (specificare tipologia)	x Altre tipologie di indagini: monitoraggio piezometrico	
			Eventuali ulteriori note utili In base alle informazioni pregresse, la falda è a quote comprese tra 1 e 4,5 m di profondità circa da piano campagna		

N	profondità	tipologia
1	375	superf. CR / LF106/365
2	325	superf. CR / LF104/315
3	375	superf. CR / LF106/367
4	325	superf. CR / LF104/315
12	325	superf. CR / LF104/315
13	325	superf. CR / LF104/315
31	375	superf. CR / LF106/365
32	325	superf. CR / LF104/315

[1] Presenza negli strumenti di pianificazione di prescrizioni di fattibilità per problematiche di carattere: a) geologico/litologico, b) geomorfologico, c) idrogeologico, d) idraulico, e) ambientale.

Comune: Provincia: Regione:	Piadena Drizzona (sost. 1, 2, 3, 4); Voltido (sost. 12, 13); Cingia de' Botti (sost. 31, 32) Cremona Lombardia	Quota: 29-33 m s.l.m.		Area di fondazione inserita in Classe 3 di fattibilità geologica; inoltre, a valle delle indagini in fase esecutiva, andranno valutati eventuali cedimenti da liquefazione. In merito alla indicazione della classe di fattibilità geologica, non si riscontrano particolari criticità di natura geologico-morfologica: il territorio si presenta pianeggiante, ereditato dai processi alluvionali del Po, ed è del tutto scevro da fenomeni gravitativi di versante; gli approfondimenti (indagini *in situ*) saranno rivolti ad una progettazione delle opere di fondazione e rientreranno in una consueta caratterizzazione del volume significativo di terreno (in estrema
	 Ancora la morfologia pianeggiante in cui si inserirà il sostegno n.4	 Area di posizionamento dei tralicci 1, 2 e 3; in lontananza sulla destra, la stazione di Piadena Drizzona		

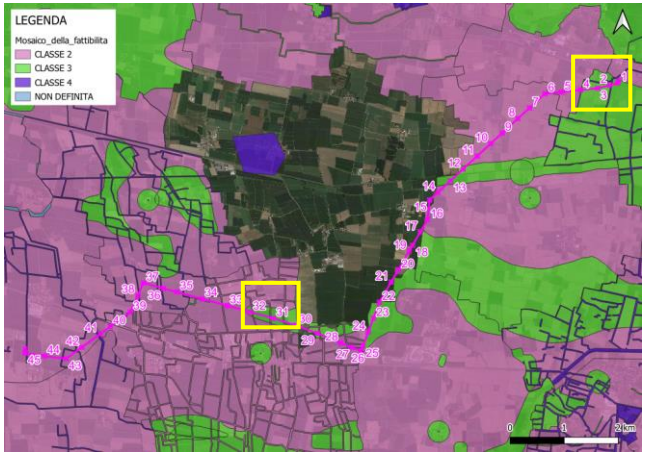
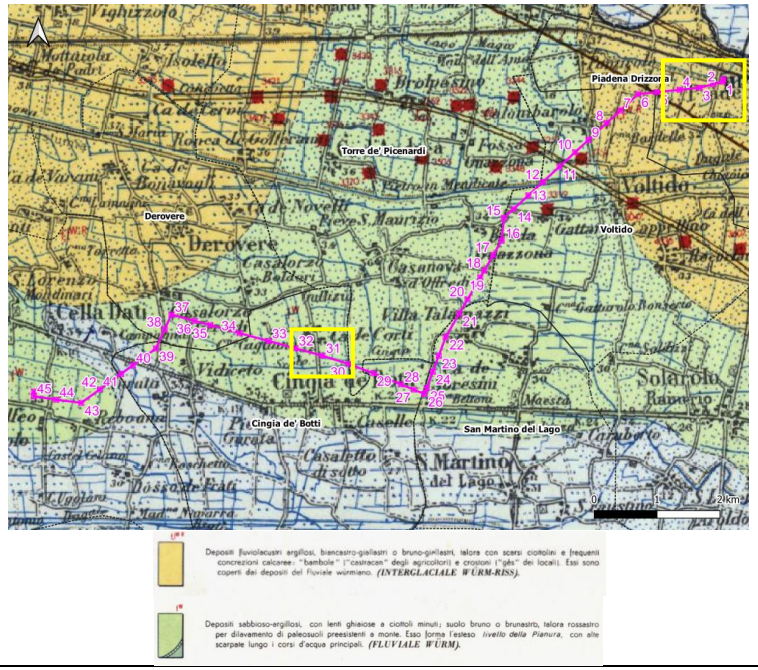




sintesi: spessori degli orizzonti litologici, parametri fisico-meccanici, categoria sismica di sottosuolo, situazione della falda)

Fig. 1 – Localizzazione intervento

Foto 1 – Area di fondazione dei sostegni

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE – CARTOGRAFIA CONSULTATA			
Gli strumenti di pianificazione comunale individuano le classi di fattibilità geologica: aree in cui sono riconosciute caratteristiche geologico-idrogeologiche e idrauliche particolari per cui sono previste delle *limitazioni* alla fattibilità di opere sul territorio. In particolare, i sostegni ricadono in CLASSE 3.		L'area di fondazione dei sostegni n. 1, 2, 3, 4 si troverebbero in corrispondenza di depositi fluviolacustri argillosi di età interglaciale Wurm-Riss. Mentre, l'area di fondazione dei sostegni n. 31 e 32 si troverebbe in corrispondenza di depositi sabbioso-argillosi fluviali di età würmiana.	
Fig.2 – Mosaico della fattibilità geologica (fonte Geoportale Regione Lombardia)		Fig. 3 – *(Fonte)* Stralcio Carta Geologica d'Italia ISPRA 1:100000	

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (1, 2, 3, 4, 12, 13)

Unità litologica	Descrizione	Profondità da p.c.		Falda	γs	γsat	Φ	C'	C_u	M_0	Vs *	R *	Note
		(m)		(m)	(t/m³)	(t/m³)	(°)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(m/s)	(Ω*m)	
1	Terreno vegetale	0.0	0.40										
2	Argille, limi e sabbie	0.40	5.0	2,75									
3	Argille limose e limi argillosi	5	35,0										
4	Sabbie	35.0	40.0										

γs: *peso unità volume secco;* ***γsat:*** *peso unità volume saturo;* ***Φ:*** *angolo di attrito;* ***C':*** *coesione drenata;* ***C_u:*** *coesione non drenata;* ***M_0:*** *mod. deform. Edometrico; Vs: velocità onde S; R: resistività elettrica*

***** Valore di riferimento in corrispondenza dell'area di fondazione.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (31, 32)

Unità litologica	Descrizione	Profondità da p.c.		Falda	γs	γsat	Φ	C'	C_u	M_0	Vs *	R *	Note
		(m)		(m)	(t/m³)	(t/m³)	(°)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(m/s)	(Ω*m)	
1	Terreno vegetale	0.0	1,75				28,5°						
2	Prevalente argilla	1,75	9,75	2,75			29,4°						
3	Sabbia da molto fine a media con ghiaietto	9,75	40,00				35,5°						

γs: *peso unità volume secco;* ***γsat:*** *peso unità volume saturo;* ***Φ:*** *angolo di attrito;* ***C':*** *coesione drenata;* ***C_u:*** *coesione non drenata;* ***M_0:*** *mod. deform. Edometrico; Vs: velocità onde S; R: resistività elettrica*

***** Valore di riferimento in corrispondenza dell'area di fondazione.

SCHEDA DI SINTESI

INTERVENTO	**AREA DI FONDAZIONE**		**ACCORGIMENTI E SOLUZIONI TECNICHE** *(indicare indagini proposte/ effettuate)*		
	Descrizione/ Uso del suolo	**Litologia**	Dovranno inoltre essere effettuate le indagini per la parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni in funzione della progettazione esecutiva delle fondazioni.		
Tipologia **Sostegni P. 22, 23, 24, 25, 26 29, 30** Dimensioni	Tutti i sostegni si trovano in seminativi semplici (dati cartografici Geoportale Lombardia)	Terreno vegetale nell'ordine del metro e sottostanti argille e limi			
	Categoria Topografica	**Categoria di sottosuolo**			
	D.M. 17/01/2018				
	~~T1~~ T2 T3 T4 ND	A B C D E ~~ND~~			
	ELEMENTO DI PROBLEMATICITÀ		x Sondaggio (carotaggio continuo, attrezzato a piezometro, con prove in foro e prelievo di campioni indisturbati)	x Indagini geotecniche in sito o di laboratorio (penetrometrie, prove sulle terre)	□ Rilievo geomeccanico (specificare tipologia)
	Tipologia[2]	**Distanza (m)**	x Indagini geofisiche (MASW)	□ Interventi di ingegneria naturalistica (specificare tipologia)	□ Sistemazione e regimazione delle acque superficiali
	Classe 3 fattibilità geologica / Pericolosità Idraulica P1 Reticolo Principale	Interferenza diretta, indiretta per i sostegni 25, 26 (distanza circa 20-30 m)	□ Analisi foto aeree/ PSInSAR (specificare tipologia)	x Altre tipologie di indagini: monitoraggio piezometrico	
			Eventuali ulteriori note utili In base alle informazioni pregresse, la falda è a quote comprese tra 1 e 4,5 m di profondità circa da piano campagna ……		

N	profondità	tipologia
22	365	superf. CR / LF104/355
23	325	superf. CR / LF104/315
24	325	superf. CR / LF104/357
25	355	superf. CR / LF111/345
26	355	superf. CR / LF111/345
29	325	superf. CR / LF104/315
30	325	superf. CR / LF104/315

[2] Presenza negli strumenti di pianificazione di prescrizioni di fattibilità per problematiche di carattere: a) geologico/litologico, b) geomorfologico, c) idrogeologico, d) idraulico, e) ambientale.

Comune: Provincia: Regione:	San Martino del Lago (sost. 22, 23, 24, 25, 26); Cingia de' Botti (sost. 29, 30) Cremona Lombardia	Quota: 28.5-30 m s.l.m.		Aree di fondazione inserite tra le zone di possibile esondazione e in Classe 3 di fattibilità geologica; inoltre, a valle delle indagini in fase esecutiva, andranno valutati eventuali cedimenti da liquefazione.
			 Area di posa sostegno 22 Area di posa sostegno 23	In merito alla indicazione della classe di fattibilità geologica, non si riscontrano particolari criticità di natura geologico-morfologica: il territorio si presenta pianeggiante, ereditato dai processi alluvionali del Po, ed è del tutto scevro da fenomeni gravitativi di versante; gli approfondimenti (indagini *in situ*) saranno rivolti ad una progettazione delle opere di fondazione e rientreranno in una consueta caratterizzazione del volume significativo di terreno (in estrema

sintesi: spessori degli orizzonti litologici, parametri fisico-meccanici, categoria sismica di sottosuolo, situazione della falda)

Fig. 1 – Localizzazione interventi

Area di posa sostegno 29

Area di posa sostegno 30 (incolto in sinistra della foto)

Manufatto antropico (sfogo?) in prossimità area sostegno 30

Foto 1 – Area di fondazione dei sostegni

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE – CARTOGRAFIA CONSULTATA

Gli strumenti di pianificazione comunale individuano le classi di fattibilità geologica: aree in cui sono riconosciute caratteristiche geologico-idrogeologiche e idrauliche particolari per cui sono previste delle *limitazioni* alla fattibilità di opere sul territorio. In particolare, i sostegni ricadono in CLASSE 3. In sovrapposizione viene riportata la perimetrazione della pericolosità idraulica ed, in particolare, i sostegni ricadono in P1 del reticolo principale.

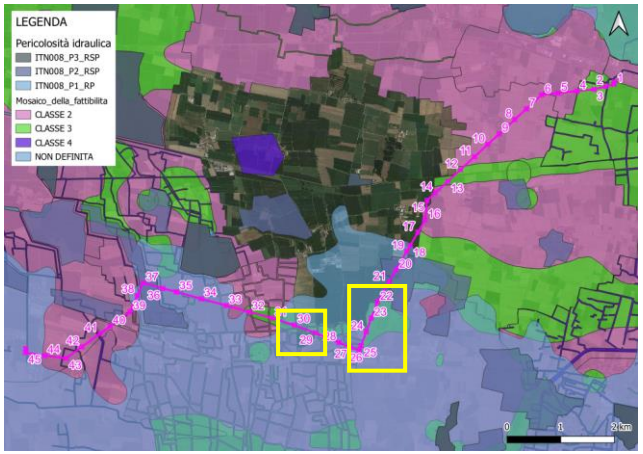


Fig.2: stralcio riportante il Mosaico della fattibilità geologica (fonte: Geoportale Regione Lombardia) ed in sovrapposizione la pericolosità idraulica (fonte: PAI)

L'area di fondazione si troverebbe in corrispondenza di depositi sabbioso-argillosi fluviali di età würmiana

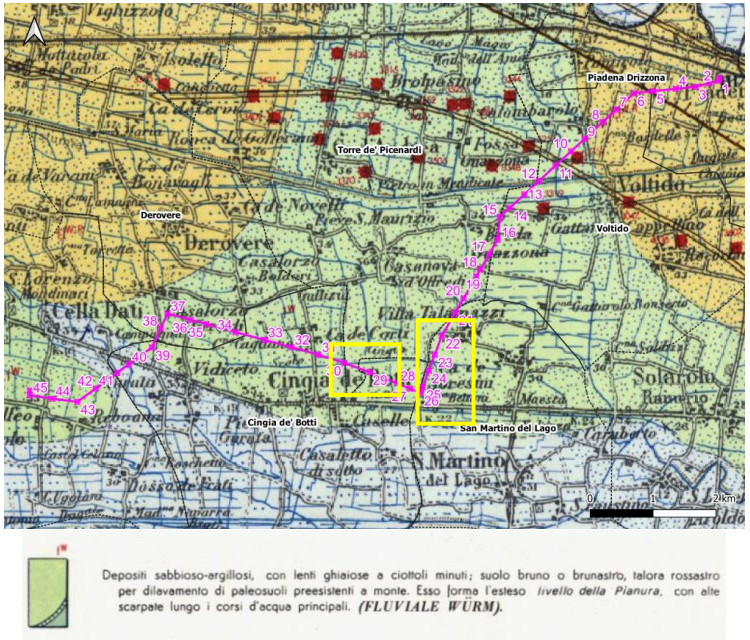


Fig. 3 – *(Fonte)* Stralcio Carta Geologica d'Italia ISPRA 1:100000

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI													
Unità litologica	**Descrizione**	**Profondità da p.c.**		**Falda**	**γs**	**γsat**	**Φ**	**C'**	**C_u**	**M_0**	**Vs ***	**R ***	**Note**
		(m)		**(m)**	**(t/m³)**	**(t/m³)**	**(°)**	**(kg/cm²)**	**(kg/cm²)**	**(kg/cm²)**	**(m/s)**	**(Ω*m)**	
1	Terreno vegetale	0.0	1,75				28,5°						
2	Prevalente argilla e limi	1,75	9,75	2,75			29,4°						
3	Sabbia da molto fine a media con ghiaietto	9,75	40,00				35,5°						

γs: *peso unità volume secco;* ***γsat:*** *peso unità volume saturo;* ***Φ:*** *angolo di attrito;* ***C':*** *coesione drenata;* ***C_u:*** *coesione non drenata;* ***M_0:*** *mod. deform. Edometrico; Vs: velocità onde S; R: resistività elettrica*

***** Valore di riferimento in corrispondenza dell'area di fondazione.

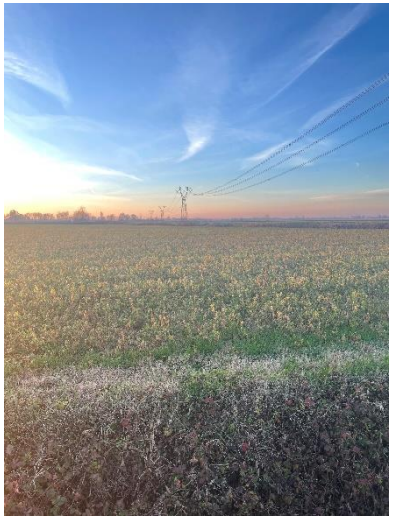
SCHEDA DI SINTESI

INTERVENTO	**AREA DI FONDAZIONE**		**ACCORGIMENTI E SOLUZIONI TECNICHE** *(indicare indagini proposte/ effettuate)*		
	Descrizione/ Uso del suolo	**Litologia**			
Tipologia **Sostegni P. 27, 28, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 45, 29** (dell'adeguamento elettrodotto esistente**)** Dimensioni	Tutti i sostegni si trovano in seminativi semplici (dati cartografici Geoportale Lombardia)	Terreno vegetale nell'ordine di 1.75 m e sottostanti argille e limi (sostegni 27, 28, 33); Terreno vegetale nell'ordine di 0.80 m e sottostanti sabbie, limi e argille (sostegni 34, 35, 36, 37, 38, 45, 29 (dell'adeguamento elettrodotto esistente))	Dovranno inoltre essere effettuate le indagini per la parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni in funzione della progettazione esecutiva delle fondazioni.		
	Categoria Topografica	**Categoria di sottosuolo**			
	D.M. 17/01/2018				
	~~T1~~ T2 T3 T4 ND	A B C D E ~~ND~~			
	ELEMENTO DI PROBLEMATICITÀ		x Sondaggio (carotaggio continuo, attrezzato a piezometro, con prove in foro e prelievo di campioni indisturbati)	x Indagini geotecniche in sito o di laboratorio (penetrometrie, prove sulle terre)	□ Rilievo geomeccanico (specificare tipologia)
	Tipologia[3]	**Distanza (m)**	x Indagini geofisiche (MASW)	□ Interventi di ingegneria naturalistica (specificare tipologia)	□ Sistemazione e regimazione delle acque superficiali
	Classe 2 fattibilità geologica / Pericolosità idraulica P1 Reticolo Principale (tutti i sostegni), pericolosità idraulica P2 reticolo	Interferenza diretta	□ Analisi foto aeree/ PSInSAR (specificare tipologia)	x Altre tipologie di indagini: monitoraggio piezometrico	

N	profondità	tipologia
27	325	superf. CR / LF104/315
28	325	superf. CR / LF104/315
33	325	superf. CR / LF104/315
34	325	superf. CR / LF104/315
35	325	superf. CR / LF104/315
36	325	superf. CR / LF104/315
37	355	superf. CR / LF111/345
38	325	superf. CR / LF104/315
45	375	superf. CR / LF106/365

[3] Presenza negli strumenti di pianificazione di prescrizioni di fattibilità per problematiche di carattere: a) geologico/litologico, b) geomorfologico, c) idrogeologico, d) idraulico, e) ambientale.

	secondario (sostegno 37)			
			Eventuali ulteriori note utili In base alle informazioni pregresse, la falda è a quote comprese tra 1 e 4,5 m di profondità circa da piano campagna ……	
Comune: Provincia: Regione:	Cingia de' Botti (sost. 27, 28, 33); Derovere (34, 35, 36, 37, 38); Cella Dati (sost. 45, 29 (dell'adeguamento elettrodotto esistente) Cremona Lombardia	Quota: 29.5-32.5 m s.l.m.		Aree di fondazione inserite tra le zone di possibile esondazione e in Classe 2 di fattibilità geologica; inoltre, a valle delle indagini in fase esecutiva, andranno valutati eventuali cedimenti da liquefazione. In merito alla indicazione della classe di fattibilità geologica, non si riscontrano particolari criticità di natura geologico-morfologica: il territorio si presenta pianeggiante,



Area di posa sostegni 27e 28

ereditato dai processi alluvionali del Po, ed è del tutto scevro da fenomeni gravitativi di versante; gli approfondimenti (indagini *in situ*) saranno rivolti ad una progettazione delle opere di fondazione e rientreranno in una consueta caratterizzazione del volume significativo di terreno (in estrema sintesi: spessori degli orizzonti litologici, parametri fisico-meccanici, categoria sismica di sottosuolo, situazione della falda)

Area di posa sostegni 33, 34, 35

Area di posa sostegno n.36

Area di posa sostegno 37

Area di posa sostegno 38

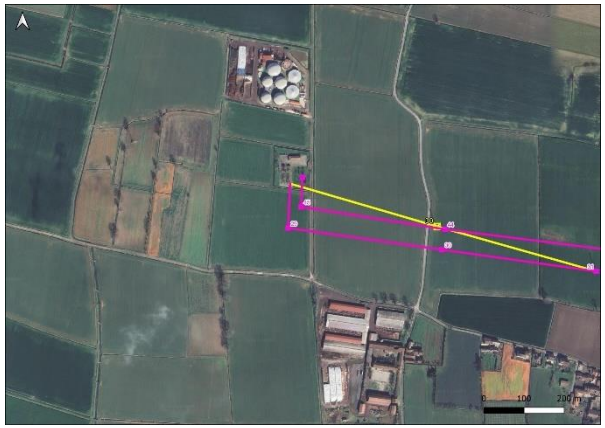
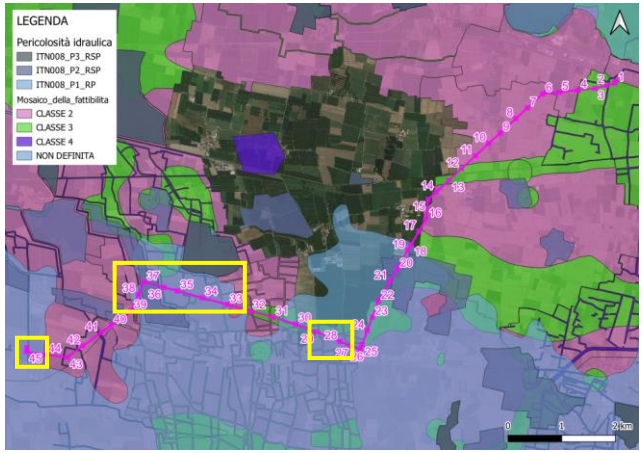
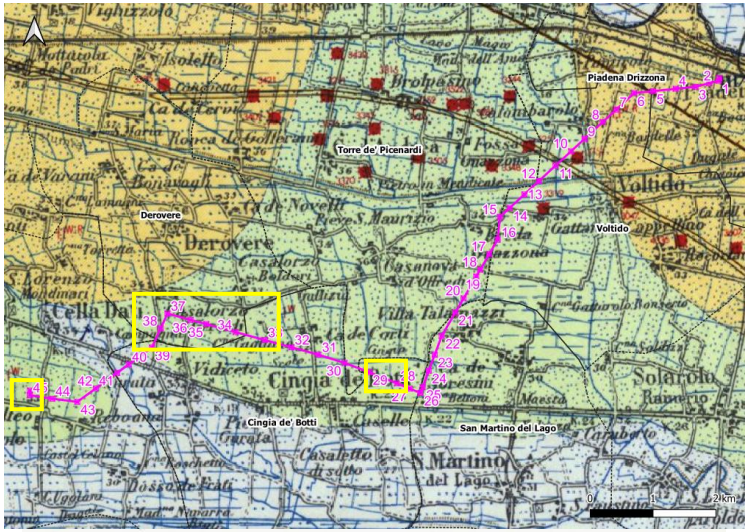
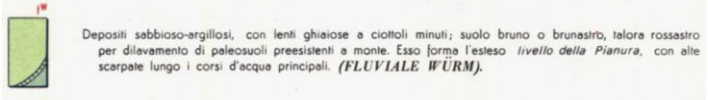


Fig. 1 – Localizzazione interventi

Area di posa sostegno 45 e 29 (dell'adeguamento elettrodotto esistente)

Foto 1 – Aree di fondazione dei sostegni

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE – CARTOGRAFIA CONSULTATA			
Gli strumenti di pianificazione comunale individuano le classi di fattibilità geologica: aree in cui sono riconosciute caratteristiche geologico-idrogeologiche e idrauliche particolari per cui sono previste delle limitazioni alla fattibilità di opere sul territorio. In particolare, i sostegni ricadono in CLASSE 2. In sovrapposizione viene riportata la perimetrazione della pericolosità		L'area di fondazione si troverebbe in corrispondenza di depositi sabbioso-argillosi fluviali di età würmiana	 

idraulica e, in particolare, i sostegni ricadono in Pericolosità idraulica P1 Reticolo Principale (tutti i sostegni), pericolosità idraulica P2 reticolo secondario (sostegno 37).			
Fig.2: stralcio riportante il Mosaico della fattibilità geologica (fonte: Geoportale Regione Lombardia) ed in sovrapposizione la pericolosità idraulica (fonte: PAI)		Fig. 3 – *(Fonte)* Stralcio Carta Geologica d'Italia ISPRA 1:100000	

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (27, 28, 33)

Unità litologica	Descrizione	Profondità da p.c.		Falda	γs	γsat	Φ	C'	C_u	M_0	Vs *	R *	Note
		(m)		(m)	(t/m³)	(t/m³)	(°)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(m/s)	(Ω*m)	
1	Terreno vegetale	0.0	1,75				28,5°						
2	Prevalente argilla	1,75	9,75	2,75			29,4°						
3	Sabbia da molto fine a media con ghiaietto	9,75	40,00				35,5°						

γs: *peso unità volume secco;* ***γsat:*** *peso unità volume saturo;* ***Φ:*** *angolo di attrito;* ***C':*** *coesione drenata;* ***C_u:*** *coesione non drenata;* ***M_0:*** *mod. deform. Edometrico; Vs: velocità onde S; R: resistività elettrica*

***** Valore di riferimento in corrispondenza dell'area di fondazione.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (34, 35, 36, 37, 38, 45)													
Unità litologica	**Descrizione**	**Profondità da p.c.**		**Falda**	**γs**	**γsat**	**Φ**	**C'**	**C_u**	**M_0**	**Vs ***	**R ***	**Note**
		(m)		**(m)**	**(t/m³)**	**(t/m³)**	**(°)**	**(kg/cm²)**	**(kg/cm²)**	**(kg/cm²)**	**(m/s)**	**(Ω*m)**	
1	Terreno vegetale	0.0	0.80										
2	Prevalente argilla e limi	0.80	15.0	2,75									
3	Sabbia da molto fine a media con ghiaietto	15.0	40,00										

γs: *peso unità volume secco;* ***γsat:*** *peso unità volume saturo;* ***Φ:*** *angolo di attrito;* ***C':*** *coesione drenata;* ***C_u:*** *coesione non drenata;* ***M_0:*** *mod. deform. Edometrico; Vs: velocità onde S; R: resistività elettrica*

***** Valore di riferimento in corrispondenza dell'area di fondazione.